

平成22年5月17日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760310
 研究課題名（和文） 有害重金属汚染地盤の不溶化および処理土の利用高度化に関する研究
 研究課題名（英文） Immobilization of soil contaminated by heavy metal and advancement of use of immobilized soil as construction material
 研究代表者
 横浜 勝司（YOKOHAMA SHOJI）
 北海道大学・大学院工学研究科・助教
 研究者番号：50299731

研究成果の概要（和文）：鉛または六価クロム基準値より多く溶出する汚染土を不溶化処理し、処理後試料の土質試験および力学試験を実施した。本研究では、火山噴出物を母体とした重金属吸着剤を汚染土に混合することで、鉛または六価クロムの溶出量を基準値未満にすることが可能になることが確認された。さらに、このような処理を行うことに起因する試料の物理的・力学的性質の変化が生じることを確認している。この結果は、有害重金属の不溶化後試料の建設材料としての再利用を図る際に参考となる力学的劣化の度合いを明示している。

研究成果の概要（英文）：In order to investigate characteristics of mechanical behavior of immobilized soil contaminated by lead and hexavalent chromium. In this study, a volcanic product is use as a material of the immobilization of polluted soil. From the test results, it is found that admixture of the volcanic product and polluted soil brings in secure immobilization. On the other hand, it is pointed out that a possibility for strength reduction of immobilized soil by using present technique is exists.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地盤工学、環境技術、重金属類不溶化、強度変化

1. 研究開始当初の背景

日本各地では地盤に含まれることに起因して人体の健康に悪影響を及ぼすおそれのある物質が土壤汚染対策法（土対法と称する）により定められている。このうち、土対法で第2種特定有害物質として定められてい

るカドミウム、六価クロム、シアン、水銀、セレン、鉛、ヒ素、ふっ素、ほう素の有害重金属を含む地盤の無害化処理手法、および処理後の土の再利用性について検討されることが望まれている。

汚染地盤の処理として掘削除去や土壤の

洗浄が多く用いられているが、いずれも運搬やプラント建設等が必要となる。そこで、簡易な作業で且つ低コストの施工が可能な不溶化処理に着目した手法の開発が重要視されている。

現在、地盤汚染問題は日本だけでなく、中国をはじめとするアジア圏でも発生し始めている。本研究で着目する不溶化処理の合理性が実証されれば、工業的および経済的発展と環境汚染対策の両立を図ることが必須となっているアジア圏においても、極めて有効な工学技術を提供できるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、有害重金属に汚染された地盤を合理的に処理し、処理後の土を建設材料として再利用させる技術の実用化に向けた手法の開発を目的とした。この研究が完了すれば、汚染地盤の処理に関するコストダウンを図ることも可能となる。

3. 研究の方法

本研究は、次のような方法で展開された。
①まず、本研究で使用する重金属吸着剤の基本的性質の調査、および有害重金属を吸着させるメカニズムについて解明した。この検証により、土中の水分を利用した水和反応により重金属を吸着させること、吸着剤による不溶化効果を確実に発生させるための吸着剤の使用量について検討された。

②鉛および六価クロムにより汚染された土に着目して不溶化処理し、その効果の持続性および処理後の土の物理・力学特性変化について調査した。

さらに、③外的要因による不溶化効果の持続性への影響についての検証を行った。これは北海道のような積雪寒冷地における冬季～春期の気温変化挙動に対する効果の持続性を検証するものである。具体的には、汚染土の不溶化処理を行った後に強制的に試料を凍結融解させ、その後一連の試験を実施してその特性を調査するというものである。

4. 研究成果

本研究では不溶化剤として重金属吸着剤(AQ2と称する)を用いた。本研究では、鉛を含有する汚染土と六価クロムを含有する汚染土の2種類を対象としている。

不溶化処理は、各汚染試料に所定量のAQ2を混合させて実施した。この際、AQ2の質量 M_{AQ2} と試料の乾燥質量 M_S との比 M_{AQ2}/M_S (以下、混合比と称する)を3段階に設定している。

不溶化処理後の試料のpH変化に関する効果持続性について調べた結果を述べる。図-1、図-2はそれぞれ、鉛汚染土および六価クロム汚染土についてAQ2混合後の試料からの各重金属の溶出量とpHとの関係を示している。ここでは、溶出試験の際に用いる抽出液に硫

酸および水酸化ナトリウムを加えてpHを段階的に強制変化させている。これより鉛に関しては、溶出液pHが2~11.8の範囲では溶出量が抑えられていることがわかる。これよりpHが2~11.8の範囲では、AQ2と鉛の水和反応による結合が崩れずに不溶化の効果が持続することが示された。また、六価クロムの不溶化は今回溶出試験を行ったpHの範囲(pH1.5~12.3)ではいずれも0.04(mg/L)未満であり不検出であった。これよりpH1.5~12.3の範囲ではAQ2は六価クロムに対しての不溶化効果が持続することが示されたといえる。

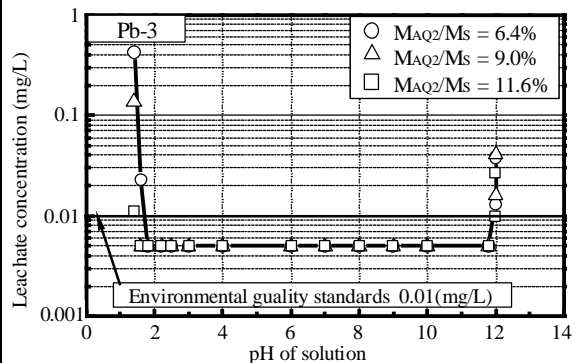


図-1 鉛溶出量とpHの関係(鉛汚染土)

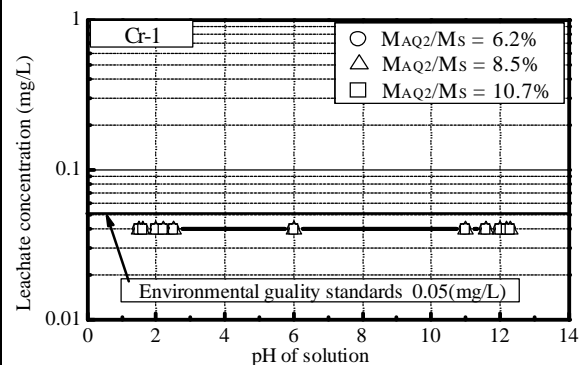


図-2 六価クロム溶出量とpHの関係(六価クロム汚染土)

次に、AQ2の不溶化の時間的挙動を調べるために、AQ2を各混合比で混合した条件での溶出量と処理後からの経過日数との関係を調べた。図-3および図-4はそれぞれ鉛汚染土(3種類の汚染土)および六価クロム汚染土に関する結果である。

図-3より、鉛に関してはいずれの試料に対しても、混合後1日経過で、溶出量が基準値未満になっていることが見られる。これより、AQ2混合による不溶化効果は、混合前の鉛溶出量が0.4mg/L程度であれば、不溶化効果が早期に発揮されるといえる。

一方、図-4に示されるように、六価クロム汚染土に関しては、AQ2 混合から 3 日経過後に溶出量が基準値未満になることがわかる。このように、重金属類の種類の違いにより溶出量が基準値未満に達する日数が異なるが、対象とした汚染試料では 1~3 日経過で不溶化の効果が発揮されることが示された。

したがって、AQ2 の混合による鉛および六価クロムの不溶化効果は、作業が容易であり且つその効果が早期に発現する特徴であることが明らかとなった。なおこれらの効果は、試料を凍結させた後にも、基本的には持続されることが確認されている。

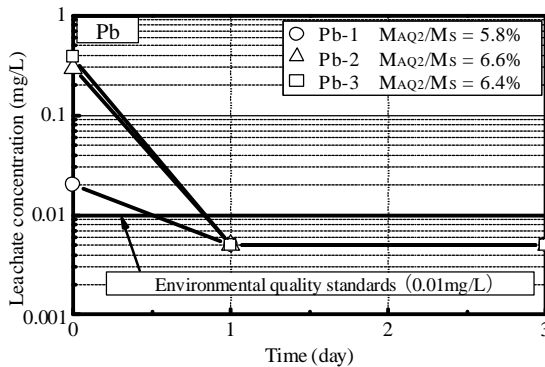


図-3 鉛溶出量と日数の関係

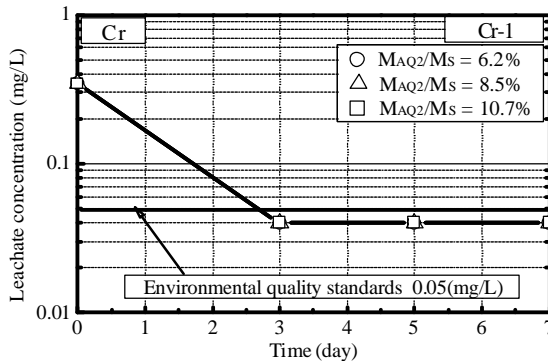


図-4 六価クロム溶出量と日数の関係

不溶化処理後の試料の再利用性を検討するために、その力学的性質の変化を調べることが重要となる。図-5 および図-6 は、それぞれ鉛汚染土 (図中では試料 No. 1 と表記) および六価クロム汚染土 (試料 No. 2 と表記) の AQ2 混合前後における締固め曲線を示している。なお、凍結を受けた履歴の有無の影響を見るために、図中には AQ2 混合後に -25°C で凍結した後に室温で融解した試料での結果も併記されている。

これらの図より、両試料において未処理試料 ($M_{AQ2}/M_s=0\%$) に比べ、AQ2 混合後 (白マーカー) では最適含水比が高くなり最大乾燥密

度が低くなる様相が見られた。一方、凍結融解後の試料 (黒マーカー) では、未処理試料および未凍結試料よりも最適含水比が低くなる傾向が見られた。

この結果より、本手法のような不溶化処理をすると、処理の有無により試料の締固め特性が変化することが考えられる。さらに、処理試料をある地域に埋め戻し (または盛土に利用) した後は、その凍結するような環境になると、さらに締固め特性が変化することが考えられる。

次に、AQ2 混合による強度変化を調べるために、図-7 および図-8 は、それぞれ鉛汚染土 (図中では試料 No. 1 と表記) および六価クロム汚染土 (試料 No. 2 と表記) の一軸圧縮強度 q_u と供試体の乾燥密度 ρ_d との関係を示している。これらの図中にも、凍結融解作用後の試料による結果が併記されている。

図より、未凍結試料 (白マーカー) では AQ2 の混合比によらず、乾燥密度 ρ_d と一軸圧縮強度 q_u の関係に明確な違いがないことが見られる。これは、AQ2 の混合作業後に試料へ顕著な温度変化を与えなければ、所定の乾燥密度に比例して強度が高くなる傾向が保たれることを示すものである。

一方、凍結融解後の試料 (黒マーカー) での結果と未凍結試料の結果を比べると、凍結試料の乾燥密度が高くても一軸圧縮強度がそれほど高くない結果が得られた。

以上の結果から、AQ2 のような火山噴出物を用いた重金属類の不溶化処理を行った後は、締固め特性や強度特性が変化することが確認された。また、この変化傾向は不溶化材の混合量や凍結融解のような温度変化の影響を受けることも示唆された。これらの事実は、不溶化処理後の試料を建設材料として再利用する際の基礎的情報となりうると考えられる。

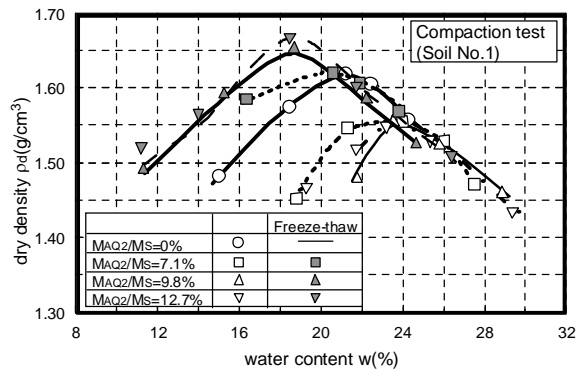


図-5 締固め特性の変化 (鉛汚染土処理)

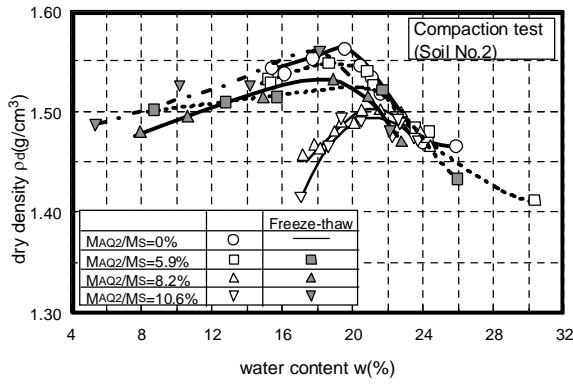


図-6 締固め特性の変化 (六価クロム汚染土処理)

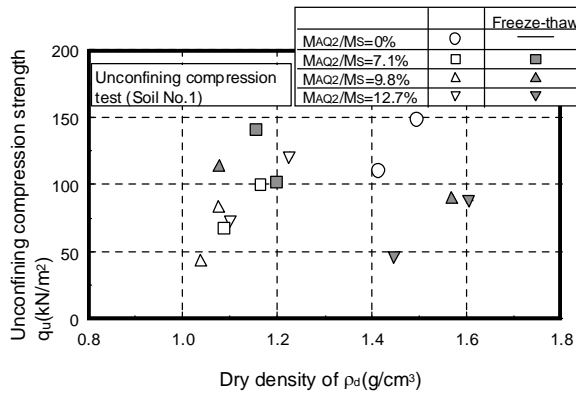


図-7 強度変化 (鉛汚染土処理)

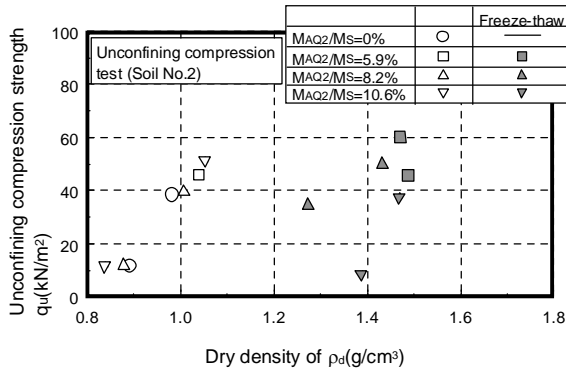


図-8 強度変化 (六価クロム汚染土処理)

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

- ①中野 文裕・片桐 浩一・横浜 勝司・渡邊 雅直・三浦 清一：種々の環境変化における重金属汚染土の不溶化と力学挙動、第43回地盤工学研究発表会発表講演集、

pp. 2083-2084, 2008.

- ②横浜 勝司・片桐 浩一・渡邊 雅直・三浦 清一・泉 信太郎：重金属不溶化処理による理工学特性の変化、地盤工学会北海道支部技術報告集、Vol. 49、pp. 131-134、2009.

- ③横浜 勝司・片桐 浩一・渡邊 雅直・三浦 清一・泉 信太郎：火山噴出物による重金属類の不溶化に伴う強度特性の変化、土木学会第64回年次学術講演会講演概要集、pp. 461-462、2009.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横浜 勝司 (YOKOHAMA SHOJI)

北海道大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：50299731