

汚染土壌における鉛の不溶化に関する研究

日本大学理工学部 フェロー 巻内 勝彦
日本大学理工学部 正会員 峯岸 邦夫
日本大学理工学部 露木 尚光
日本大学理工学部 正会員 ○半田 陽祐

1. はじめに

近年、わが国では宅地化の進展や工場跡地、農地などの造成、再開発が行われているが、それに伴う再調査の結果、重金属や有機化合物による土壌汚染が顕在化しており、環境に対する意識の高まりと相まって社会的な問題となりつつある。本研究で対象とする鉛は有害であるため、環境基準の 0.01mg/L 以下に抑える必要があるが、現状では抑えることが難しい。そのため、実用に耐え得る新しい対策方法を見出すことが急務となっている。

本研究では鉛の溶出量と pH 値を調べ、鉛の溶出を抑える新しい方法を検討する。その方法として新規にケイ酸水溶液 (H_4SiO_4) を試作製造し、不溶化剤としての性能を調べた。また、ケイ酸水溶液と水との性質の違いや強度特性への影響、強度増加の可能性も考慮して力学特性を把握するために一軸圧縮試験を行なった。

2. 試験方法

(1) 模擬汚染土壌の作製

試料は含水比を測定し 2mm ふるいにかけた高含水比の火山灰質粘性土 (以下関東ロームと呼称) 効果を対比するため山砂の 2 種を用いた。実験に際して鉛は硝酸鉛を用い、想定汚染土壌を作製した。石灰は生石灰、消石灰を使用した。乾燥質量 100g の試料土に所定量を加水し、硝酸鉛を実験ごとに混入、ケイ酸水溶液を加え、数分後に石灰を投入、5 分間攪拌させ模擬汚染土壌を作製した。

(2) 測定方法

この汚染土壌を 20℃ に設定された保管庫で密封養生させ、混合当日、1, 3, 5, 7 日後にそれぞれ 10g 取り出し、100ml 加水後 6 時間攪拌、そして、クロム酸カリウムを投入して色の変化を目視して鉛溶出量の測定を行い、併せて pH 値を測定した。そして、作製した汚染土壌の一部を ICP 発光分光分析法により測定した。

(3) 生石灰の投入

本研究では、現状で多く使われる石灰の中でも効果が高い生石灰を投入して鉛の不溶化の効果を確かめた。結果として環境基準を満たさないことから不溶化剤としてケイ酸水溶液を用い、その効果を検証した。ここでケイ酸水溶液に石灰を投入するのは、硝酸鉛とケイ酸の特性から塩基性になると効果が高くなると考えられるためである。

(4) 一軸圧縮試験

関東ロームおよび山砂を含水比調整したものと、それに生石灰、消石灰、さらにセメントを混入したもの、水のみ、ケイ酸のみ、それぞれ 50% ずつ使用したものを作り、7 日間密封養生させ、一軸圧縮試験を JISA1216 に基づいて行い、一軸圧縮強度を測定した。

3. 実験結果

(1) 生石灰による鉛の不溶化性能

実験結果を図-1, 図-2 に示す。不溶化剤を使用しない場合の鉛 5% 投入後の溶出濃度は 240mg/L, 同 3% 投入後は 150mg/L であり、鉛 5% を投入した土壌に生石灰を投入した場合、5g 投入後 0.27mg/L, 10g 投入後では最も良い 0.12mg/L, 20g 投入後は 1.3mg/L となり、最も良いものでも 0.12mg/L と環境基準を満たさない結果となった。

(2) ケイ酸による鉛の不溶化性能

ケイ酸水溶液を併用して投入した場合は測定可能値である 0.01ppm を下回るものもあり、全般的に石灰のみの使用時より良好な結果となった。また、石灰の中でも消石灰使用時よりも生石灰使用時の方が良好な結果となっ

た. そして pH 値の測定結果を図- 3 に示す. pH 値は生石灰のみ投入後の 12.48~12.64 と比較すると抑えられているものの, 鉛 5%混入土壌へのケイ酸投入後は 10.85~11.21, 鉛 3%混入土壌へのケイ酸投入後 10.10~10.50 と高塩基化になっている. そのため固定化後の pH 値の調整が必要となる.

(3) 一軸圧縮試験結果

試験は先に示すように水, ケイ酸水溶液, 水とケイ酸水溶液をそれぞれ50%ずつ使用したものの3通りを行い, 土のみを使用した供試体, 消石灰, セメントを添加した供試体をそれぞれ製作した. そして, その一軸圧縮試験結果を図- 4 および図- 5 に示す. なお, ここで図に表す強度は3本行った中での代表的な結果を例示した. 添加剤を投入せず土のみで作製した供試体は, それぞれ水使用時 69.7kN/m^2 , ケイ酸使用時 74.8kN/m^2 , それぞれ50%使用時 75.3kN/m^2 , となり, セメントの添加を行うと, 同様に水使用時 130.8kN/m^2 , ケイ酸使用時 139.5kN/m^2 , 水とケイ酸をそれぞれ50%使用時は 138.3kN/m^2 となり, 消石灰添加後には, 水使用時 102.9kN/m^2 , ケイ酸使用時 139.5kN/m^2 , それぞれを50%ずつ使用時 117.2kN/m^2 といずれの場合でも力学的性質は変わらず, ケイ酸水溶液を投入すると強度が増加するという結果になった. また, 別条件で生石灰をスラリーで添加した場合は, さらにケイ酸水溶液 5mL 投入時 39.6kN/m^2 , 10mL 投入時 44.1kN/m^2 , 20mL では 79.1kN/m^2 となり, この場合でもケイ酸水溶液の投入量が増えるほど強度が増加しているのが分かる.

4. まとめ

- ① 鉛の溶出について, 現在主に用いられる生石灰を使用してスラリーで投入した場合では, 不溶化の効果はみられるものの, 最も良い結果でも 0.12mg/L と環境基準を満たすには至らなかった. また, 石灰量を増やしても鉛の溶出が減らず逆効果になっており, 量を多く投入しても逆効果になる場合があることから, 石灰の不溶化の効果に限界がある.
- ② ケイ酸を用いた場合は, ほぼ全てが 0.04mg/L 以下に抑えられており, 環境基準を満たす結果も出ていることから, 鉛の溶出を抑える方法としては石灰を用いるより有効であるという結果を得た.
- ③ 7日養生させた供試体の一軸圧縮強度は, 試験を行った供試体の全てにおいて水を投入した時の強度よりケイ酸水溶液を投入した時の強度が上回っており, この結果から, ケイ酸には強度が増加する特性があることが判明した.

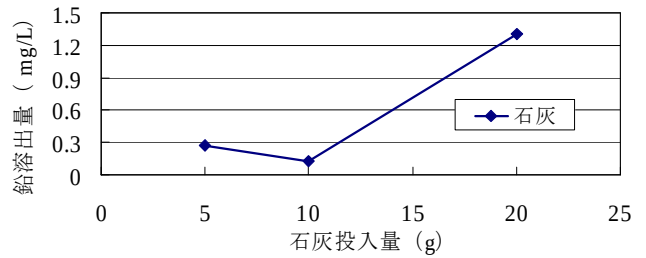


図- 1 生石灰投入時の鉛溶出量

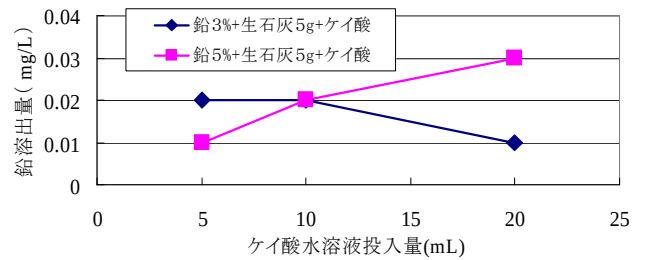


図- 2 ケイ酸投入時の鉛溶出量

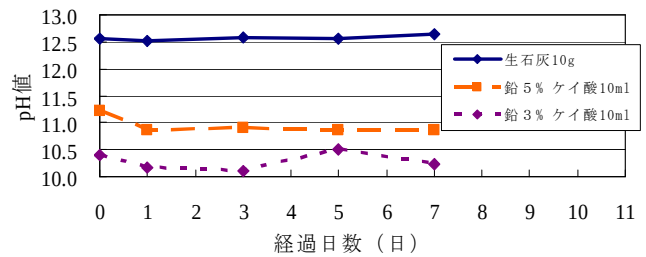


図- 3 生石灰, ケイ酸投入時の pH 値

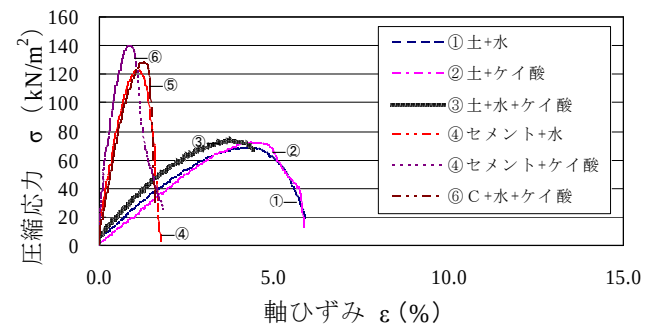


図- 4 土, セメントの一軸圧縮試験結果

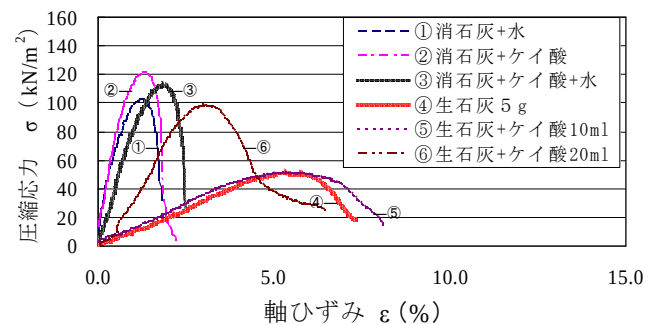


図- 5 石灰使用時の一軸圧縮試験結果