

硝酸鉛による汚染土壌の改善に関する研究

日本大学理工学部 フェロー 巻内 勝彦
 同 上 露木 尚光
 同 上 正会員 峯岸 邦夫
 日本大学大学院 学生会員 ○吉澤 拓人

1. はじめに

2002 年に制定された土壌汚染対策法や近年における市民の環境に対する意識の高まりにより、土壌汚染が大きな問題として注目されている。なかでも、鉛による汚染例が多く報告されている¹⁾。現状においては、鉛による汚染に対して硫化ナトリウムを用いているが、硫化物が土壌再利用の観点から適していないことや、硫化水素が発生する危険性があることから対応に苦慮している²⁾。そこで、新たな技術を検討し、土壌環境基準の 0.01ppm に適合させる必要がある。土壌には様々な粘土鉱物が存在するが、ここでは、対策が最も困難であるといわれる火山灰質粘性土（以下、関東ロームと呼称）を選定し、試験を行った。

本研究では、鉛の溶出量と pH を調べ、鉛の溶出を抑える新しい方法を検討した。その方法として有機ケイ酸化合物と異なるケイ酸水溶液 (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、ケイ酸は水より少し粘性があり、これが強度特性に影響すると考え、地盤材料としての力学特性を把握するために一軸圧縮試験を行った。

2. 試料および試験方法

試験試料として 2mm ふるいにかけた関東ロームを用いた。本研究における関東ロームは、千葉県船橋市二和地区から採取したものである。乾燥質量 100g の関東ロームに、5%の硝酸鉛を加え、5 分間攪拌し、汚染模擬土壌を作製した。その後、酸化カルシウムに所定量を加水し、酸化カルシウムのスラリー溶液 ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$) を作製し、その濃度を 0, 5, 10, 20%とした。その後、条件に応じてケイ酸 (5, 10, 20mL) を加え、この供試体を 20℃に設定された保管庫内にポリ容器で密封養生し、混合当日、1, 3, 5, 7 日後に 10g ずつ取り出し、100mL の水を混合し、震盪機により 6 時間攪拌した。6 時間後に供試体を取り出し、これを濾過した供試体について ICP 発光分光分析により鉛イオンの溶出量および供試体の pH を測定した。一軸圧縮強度は、関東ロームのみ、関東ロームに酸化カルシウムを 5, 10g 混入したもの、関東ロームに酸化カルシウム 5g とケイ酸を 5, 10, 20mL 混入させた 6 種類を作製し、これを 7 日間養生させた後に測定した。

3. 試験結果および考察

ICP 発光分光分析の結果より、5%硝酸鉛の汚染土壌の溶出量は 240ppm であり、土壌環境基準を大幅に上回っていることが確認された。また、図-1 より酸化カルシウムスラリーによる鉛汚染対策効果がみられたものの、いずれの供試体も土壌環境基準を満たさなかった。酸化カルシウムスラリー5%で 0.27ppm, 10%で 0.12ppm, 20%で 1.3ppm となった。5, 10%と数値は低下したものの、20%では逆に増加しており、必ずしも酸化カルシウムの量を増やせば鉛汚染対策効果が上がるとは限らないことが確認された。これは、塩基性が高くなることで、硝酸鉛が溶出することにより酸化カルシウム 20%の供試体では効果が低下したと考えられる。これは、酸化カルシウムの混合量が増加したことで、鉛の固定化に影響を及ぼしたものと考えられる。硝酸鉛 5%にケイ酸を加水した供試体は図-2 より 0.01~0.02ppm であり、一部データは土壌環境基準を下回った。この結果から、高濃度の硝酸鉛汚染土でも、条件によっては環境基準である 0.01ppm 以下に抑えることができた。

pH の経時変化を図-3, 図-4 に示す。これより、5%硝酸鉛の汚染土壌は pH4.0 前後で、酸性であった。酸化カルシウムスラリーを加えることで、5%で pH11.0 前後、10%および 20%では pH12.5 前後の値となり、高

キーワード 土壌汚染, 硝酸鉛, 関東ローム, 酸化カルシウム, ケイ酸

連絡先: 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部社会交通工学科 TEL047-469-5217

塩基性になった。全体を通して、pH の経時変化はほぼ緩やかであった。硝酸鉛にケイ酸を混合した供試体では pH10.1～11.5 と酸化カルシウムスラリー投入時より pH が下がった。

一軸圧縮強度の結果を図-5 に示す。本試験において最も高い強度を示すのは酸化カルシウムスラリー10g の供試体で、140kN/m² 前後の強度を有している。酸化カルシウムは地盤改良にも用いるため、強度が大きく増加している。関東ロームのみの供試体は 20kN/m² 前後である。これは水量の問題と酸化カルシウムの性質から試験をスラリー混合で行っていることで強度が低下したと考えられる。酸化カルシウムスラリー5g は 50kN/m² 前後で、酸化カルシウムスラリー10g 投入時における強度の約 1/3 であり、大きな効果を得られなかった。次に、ケイ酸を混合した場合は酸化カルシウム 5g の場合、ケイ酸 5mL では 50kN/m² 前後、10mL では 50kN/m² 前後、20mL では 90kN/m² 前後となっており、いずれの供試体も酸化カルシウムスラリー5g のみの供試体と比較して最大一軸圧縮強度が上昇しており、特にケイ酸 20mL を混合した供試体は約 2 倍の強度を有していることから、ケイ酸は一軸圧縮強度を増加させる効果が確認された。

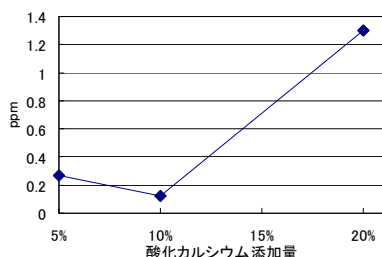


図-1 酸化カルシウム混合による鉛イオンの溶出量

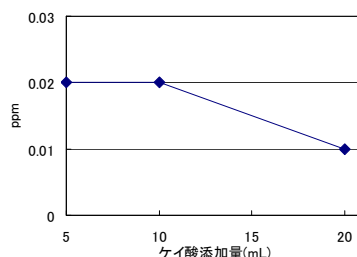


図-2 ケイ酸混合による鉛イオンの溶出量

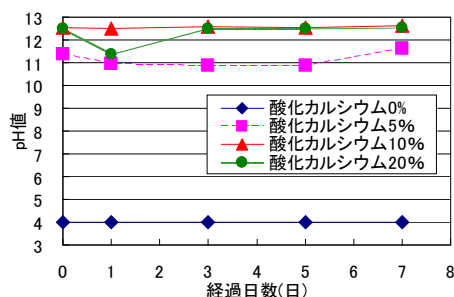


図-3 酸化カルシウム混合時における pH の経時変化

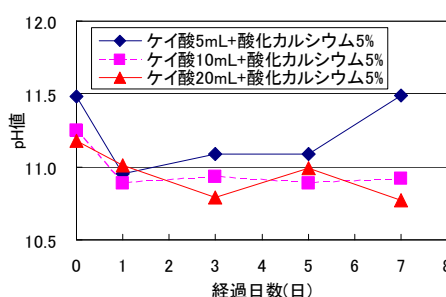


図-4 ケイ酸混合時における pH の経時変化

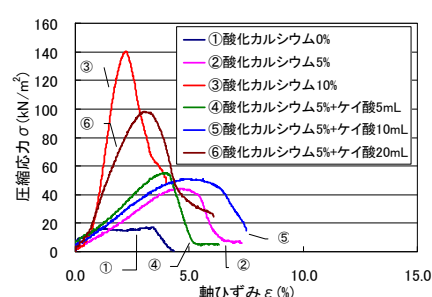


図-5 一軸圧縮強度 (7日強度)

4. まとめ

- ① ICP 発光分光分析は、5%硝酸鉛の汚染土壌の溶出量は 240ppm である。汚染は酸化カルシウムにより改善され、酸化カルシウムスラリー5%で 0.27ppm、10%で 0.12ppm、20%で 1.3ppm であった。ケイ酸を加えたものは 0.01～0.02ppm であり、一部データは土壌環境基準値より低下し、良好な結果が得られた。
- ② pH は、5%硝酸鉛の汚染土壌は酸性であったが、酸化カルシウム混合量の増加に伴い高塩基化し、硝酸鉛の固定化に影響すると考えられる。ケイ酸を混合すると酸化カルシウム投入時より塩基化も若干緩和した。
- ③ 一軸圧縮強度は、酸化カルシウムスラリー10g を混合した供試体が 140kN/m² 前後で最も強度があった。ケイ酸 20mL を混合した供試体は 90kN/m² 前後で、酸化カルシウムスラリー5g のみの供試体の 50kN/m² と比較して強度が上昇しており、ケイ酸は一軸圧縮強度を増加させる効果もあることが判明した。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局：2004 年度土壌汚染対策法の施工状況および土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果，<http://www.env.go.jp/water/report/h18-06/02.pdf>。
- 2) (社)土木学会建設技術研究委員会土壌・地下水汚染対策研究小委員会：土壌汚染の調査・対策に関する Q & A 集，p.30，2009 年 7 月。

【謝辞】 本試験を行うに当たり本学学生半田陽祐君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。