

地盤改良におけるセメント硬化不良の原因と対策

Causes and countermeasures for poor cement hardening in ground improvement



根岸敦規 Atsunori NEGISHI^{*1}・足立有史 Yuji ADACHI^{*2}・グエン ホン ソン Nguyen Hong Son^{*3}
山田 実 Minoru YAMADA^{*4}・北山博之 Hiroyuki KITAYAMA^{*5}

研究の目的

研究対象とした「かん止堤」(集積場)は鉱さい等の集積物ののり尻の崩壊を防止するために設ける堤状の構築物で、今回対象とする地点は16世紀から20世紀にかけて操業し、銀を多く産出した日本有数の鉱山から集積した捨石および鉱さいが埋め立てられている。本研究対象はシルト、粘土等の混合物を主たる築堤材料とする土かん止堤であり、鉱業上使用する工作物等の技術基準から、一軸圧縮強さを、改良箇所により800～2,000kN/m²にする必要があったため、セメントによる改良を実施することとなった。当該地盤に対するセメント添加量を決定するために、改良対象土を用い、配合試験を実施したところ、一部対象土において、硬化不良が認められた。本研究は、その硬化不良原因の推定と強度未発現対象土に対する改良手法を検討することを目的とした。

研究の概要

セメント改良土の硬化不良の原因として考えられるのは、改良対象土壌に含まれる銅、鉛、亜鉛などの重金属の存在である。鉛は硫酸塩を作り初期強度に寄与するエトリンガイトの生成を抑制し、亜鉛や銅は水酸化物を作りセメントの硬化に寄与する水酸化カルシウムの生成を阻害するため、硬化不良を起こすのと考えられる。今回の対象地域では、改良対象土壌に亜鉛が多く含まれており、亜鉛が硬化不良の主な要因であることが疑われた。

上記のことから、亜鉛による硬化不良対策として、市販されている重金属不溶化剤を用いた対策について、その有効性を確認した。施工性と経済性を考慮して、アルカリ性で硫化物を生成し不溶化効果のある硫化水素ナトリウム(NaHS：フレーク状と水溶液の2種類)を用い、硬化不良改善効果の試験を実施した。

結論

図-1よりセメントが硬化する領域のpH(12～13)では、亜鉛は鉛と比較して、亜鉛酸イオンで存在するため、この亜鉛酸イオンがセメントの硬化に影響を及ぼしていることが示唆された。

セメント固化で生じた珪酸カルシウム水和物(CSH)と亜鉛酸イオンはCSHの表面に付着した水酸化カルシウムと反応して亜鉛酸カルシウムを生じる。図-2に示すように亜鉛酸カルシウムは、セメントの水和反応で生成されたCSHの表面を覆うように生成されるため、それ以降の水和反応が妨げられ、硬化不良を引き起こす。一方、硫化水素ナトリウムを添加すると、亜鉛イオンは硫化亜鉛として不溶化するため、セメントの水和反応が阻害されず、硬化が進行する。

改良対象土の設計強度は1,600kN/m²であり、基準値を満足するために硫化水素ナトリウム添加量とセメント添加量による配合試験を実施し、最適な配合での改良を提案し、現場で採用されている。

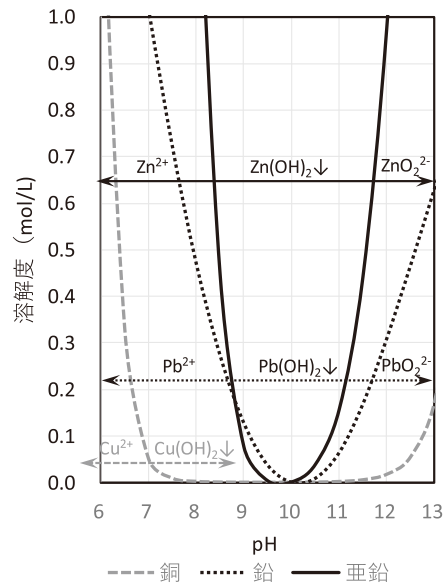


図-1 各種金属の溶解度曲線

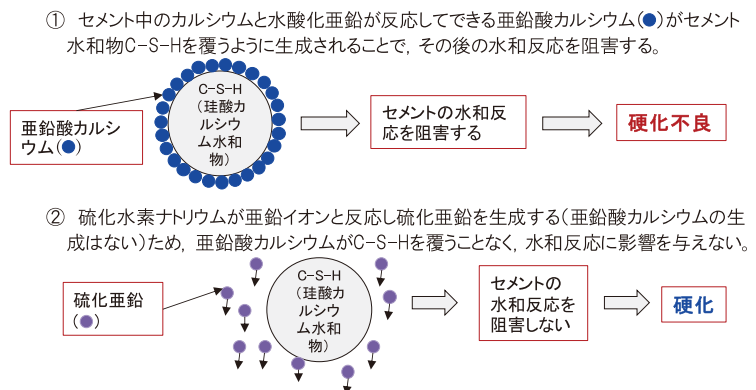


図-2 硬化不良のメカニズムと不溶化剤の効果