

酸類使用による粒状化処理工法の開発

(株)宇部三菱セメント研究所 正 清田正人 岸本幸尚
高橋敏彦

1.はじめに

建設発生土や建設汚泥を有効利用する技術の1つとして、粒状化処理工法がある。この工法は、建設発生土や建設汚泥に生石灰やセメント系固化材と吸水性高分子剤等を添加混合して処理土の造粒物を製造し、道路の路床、路盤や盛土の埋め戻し土として有効利用できる工法である。しかし、粒状化させるには吸水性高分子剤が必要となり、さらに短期間で強度が必要な場合には急結促進剤が必要となる。これらの材料は高価であるため、かなりのコスト高となる問題がある。これらの解決策として、軟弱土にセメント系固化材と酸類を添加することにより、粒状化処理土が得られることを見出した。結果を以下に報告する。

2.実験概要

表1 試料土の性状

2.1 試験方法

試験に使用した試料土の性状および状態を表1、写真1に示す。使用した材料を表2に示す。

試料	採取場所	湿潤密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	粒度組成 (%)		
				砂礫分	砂分	細粒分
粘性土	さいたま市	1.662	58.9	5.1	20.9	74.0

湿潤土1m³に対し、固化材添加量200kgおよび他の添加材を添加（W/C=0%）し、ホバート型ミキサーで合計90秒間混合した。粒状化の状態は目視観察により、表3に示す3段階で判定した。一軸圧縮試験の供試体には、寸法 5cm×10cmのサミットモールドを使用した。供試体の作製は、「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法（JGS 0821）」、強度試験は、材齢7日で「土の一軸圧縮試験方法（JIS A 1216）」に準拠して実施した。また、粒状化処理土を用いて「土懸濁液のpH試験方法（JGS 0211）」によるpHの測定、一軸圧縮試験終了後の試料を用いて、X線回折試験を実施した。

表2 使用材料

材料	仕様	略号
セメント系固化材	一般軟弱土用	US10
高分子凝集剤	吸水性	SH
硫酸	試薬(劇物)	SA
硝酸	試薬(劇物)	NA
リン酸	試薬	PA

表3 粒状化の判定基準（目視による）

判定印	判定基準
	混合容器への付着も少なく充分粒状化したもの
	ミキサーのパドルにより押さえつけられて混合容器に付着するものが多いが、概ね粒状化すると判断できるもの
x	混合後に団子状となり、粒状化しないもの

2.2 予察試験

材料等を添加する順序の影響について、固化材添加後30秒間混合+硫酸添加後60秒間混合、硫酸と固化材を同時に添加後90秒間混合、硫酸添加後30秒間混合+固化材添加後60秒間混合、の3通りで比較した。粒状化の状態に大きな差がないものの、状態の良い方から、の順であった。そこで、本試験においては、固化材添加後30秒間混合+硫酸添加後60秒間混合の方法を採用した。

3.実験結果および考察

試験結果を写真2～6および表4～5に示す。

キーワード：粒状化、粒状化処理、硫酸、リン酸、硝酸

連絡先：埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬2270番地 TEL(0494)23-7471 FAX(0494)23-7401

3.1 酸の種類の影響

固化材のみによる処理土は団子状(写真2)となるが、硫酸またはリン酸を添加した場合、5～10mm程度の良好な粒状化の状態(写真3～5)を呈した。硝酸を添加した処理土では他に比べて径の大きい団子の状態となった(写真6)。硫酸およびリン酸の添加量が20～60kg/m³の場合、粒状化の状態が良く、かつ処理土の強度はUS10と同程度であった(表4)。酸の添加量が少ない場合は粒状化の状態が悪く、酸の添加量が多い場合は粒状化の状態は良いものの処理土の強度は低下する結果となった。

処理土のpHは、酸類の種類に係らず、酸類の添加量が多くなるほど低くなる傾向があるが、pHの範囲は10～12程度であった。

3.2 酸濃度の影響

硫酸添加量を一定とした場合(表5)、硫酸濃度が低くなると粒状化の状態は悪くなるが、処理土の強度は高くなった。固化材添加量や硫酸添加量の違いにも影響するが、加わる水分が過剰になれば粒状化され難くなり、硫酸濃度は50%(1+1)程度までと考えられる。

3.3 粒状化のメカニズム

現段階では、酸類の添加により粒状化するメカニズムは明確ではないが、次のように推察した。X線回折結果から、硫酸およびリン酸はセメントのカルシウム分と反応し、硫酸カルシウム(二水石膏)あるいはリン酸カルシウムを生成していることが確認された。これらの生成過程で、結晶水の取り込みによる吸水作用さらに溶解熱(酸と土中の水分との反応)による発熱・蒸発作用により、軟弱土中の見かけの水分が低下して塑性の状態となる。さらに、温度上昇によりセメント水和物の生成が促進され、攪拌混合の過程で凝集し、粒状化の状態を呈するものと考えられる。

その後は、通常の固化材と同様の水和反応あるいはカルシウムと土中のシリカやアルミナ分とのポゾラン反応により、カルシウムシリケートやカルシウムアルミネート等の水和物が長期的に生成して、安定した土粒子を形成し、強度が増強するものと考えられる。

4.まとめ

泥土状の粘性土に、固化材および硫酸またはリン酸等の酸類を添加することで処理土が粒状化の状態を呈し、強度は固化材のみを添加した場合と同等以上になることを確認した。硫酸は劇物のため取り扱いに注意する必要があるが、リン酸は劇物でないため、使用しやすく適用範囲が広いと考えられる。

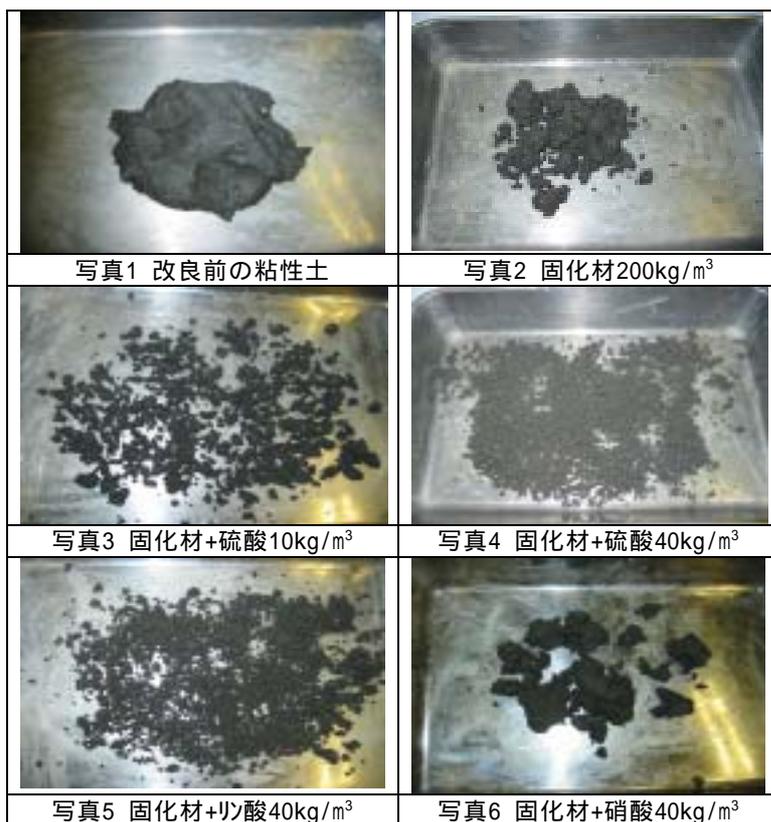


表4 試験結果

No	添加材の種類	添加量(kg/m ³)	粒状化の状態	処理土のpH	q _u (kN/m ²)
1	-	-	×	12.4	2810
2	SH	5		12.0	1750
3	硫酸	10		11.7	3270
4		20		11.6	3300
5		40		11.6	3220
6		60		11.7	3310
7		80		10.9	1120
8		リン酸	10		11.7
9	20			11.5	2980
10	40			11.5	3160
11	60			11.0	2800
12	80			10.3	638
13	硝酸	40	×	11.5	3220
14		80		10.8	1750

表5 硫酸濃度の比較試験結果(硫酸溶液80kg/m³)

No	硫酸の濃度比		粒状化の状態	処理土のpH	q _u (kN/m ²)
	硫酸	水			
7	1	0		10.9	1120
15	1	1		11.5	3260
16	1	3	×	11.7	2970