

軟弱な土の粒状固化処理による盛土材料への活用

九州産業大学 学生会員 諏訪日和
 ワールド・リンク 非会員 藤 龍一
 九州産業大学 正会員 松尾雄治

九州産業大学 正会員 林 泰弘
 ワールド・リンク フェロー 山岡礼三
 ワールド・リンク 非会員 藤 浩史

1. はじめに

浚渫工事等の建設工事により浚渫などの軟弱土が多く発生している。これまでは、主に処分場に投入されてきたものも、処分場の確保などが困難になってきたことから一層の有効利用が望まれている。筆者らは、軟弱な土を粒状固化処理することで、盛土材料として活用することを目指した研究を行っている¹⁾。本報告では固化材や固化助剤を添加することで、粒状固化処理し、粒状化の状況やコーン指数が目標値（ここでは $qc=400\sim 800\text{kN/m}^2$ 以上）を得るための配合試験を行った。さらに有害物質の溶出についても検討した。

2. 粒状固化処理の方法

対象試料として網走湖の底泥（AB 底泥）、博多湾のアイランドシティ沿岸より採取した底泥（IC 底泥）、佐賀県の六角川より採取した底泥の有明粘土（原土A）、久留米市で採取した建設発生土（原土B）を使用した。各試料の物理・化学特性を表1に示す。AB 底泥は砂分、IC 底泥・原土A・原土Bはシルト分が卓越している。

固化材として生石灰（L）とセメント系固化材（HK）を、固化助剤としては中性固化材（D）と二水石膏（G）を用いた。固化助剤は粒状化の促進や固化材使用量の低減が期待されるものであり、中性固化材は従来セメントで固化しにくかった湖沼などの粘性土にセメントと併用することによって、土粒子を凝集し安定した団粒化処理を期待されるものである。石膏は石膏ボードから生成されておりエトリンガイト反応を促す働きがあるが、フッ素が溶出する問題があるとされる。

粒状固化処理の手順は以下のとおりである。対象土を設定含水比（液性限界）に調整し、ボウル内で固化助剤を加えてハンドミキサーで混合した後、固化材を加えて再度ミキサーで混合した。これを恒温庫(20±3℃)で1時間養生したのち、再度ミキサーで攪拌させてから密閉容器に入れ、同恒温庫で7日間養生した。

養生後は、コーン指数試験に供するために9.5mmのふるいを通過するように手でほぐした。そのときの処理土の観察とほぐれ易さから、判定基準²⁾に基づいて粒状化判定を行った。未処理土（写真1）は「判定×」であるが、写真2のように処理されれば「判定○」となる。

3. 粒状化の判定

養生後は、コーン指数試験に供するために9.5mmのふるいを通過するように手でほぐした。そのときの処理土の観察とほぐれ易さから、判定基準²⁾に基づいて粒状化判定を行った。未処理土（写真1）は「判定×」であるが、写真2のように処理されれば「判定○」となる。

粒状化判定の結果を表2に示す。各表の左端のカラムの数字は固化材添加量（ kg/m^3 ）を

表1 対象試料の物理・化学特性

	AB底泥	IC底泥	原土A	原土B
礫分%	0.4	0.0	0.0	5.8
砂分%	54.7	14.8	7.4	17.9
シルト分%	19.9	79.9	87.3	49.2
粘土分%	25.0	5.3	5.3	27.0
土質名称	SF	CH	MH	ML
液性限界%	62.8	110.6	130.9	42.4
塑性限界%	34.4	43.0	52.4	29.9
強熱減量%	5.35	12.90	14.33	未測定
pH値	4.63	7.83	7.71	未測定
電気伝導率 (mS/m)	54	929	764	未測定



写真1 粒状固化前 写真2 粒状固化後

表2 粒状化判定

IC底泥	L	DS3 +L	G30 +L	原土A	L	DS3 +L	G30 +L	原土A	HK	DS3 +HK	G30 +HK
80	△	○	○	80	△	○		40	△		
120	△	○	○	120	△	○		80	□	□	
160	○	—	—	160	△	○		120	□	□	

AB底泥	L	DS3 +L	G30 +L	原土B	L	DS3 +L	G30 +L	原土B	HK	DS3 +HK	G30 +HK
80	△	○	○	20	○	○	○	20	△	○	○
120	○	○	○	40	○	○		40	○	○	
160	○	—	—	60	○	○		60	○	○	

示している。AB底泥・IC底泥は生石灰を添加した場合は添加量の増加に従って「判定△」から「判定○」へ、固化助剤を添加すると全て「判定○」になる。原土Aは生石灰を添加した場合「判定△」、セメント系固化助剤を添加した場合「判定□」となった。固化助剤を添加すると生石灰との配合は「判定○」になるが、セメント系固化材との配合は「判定□」のままであった。原土Bの場合は生石灰・セメント系固化材どちらも少ない添加量で「判定○」になった。また、同じ固化材添加量でも含水比の高い試料は粒状固化されにくい傾向がある。固化助剤を添加することにより粒状固化されやすくなる。

4. コーン指数

コーン指数試験は、「締固めた土のコーン指数試験の方法(JISA1228:2009)」に従い行った。固化助剤を添加しない場合の固化材添加量とコーン指数の関係を 図 1 に示す。生石灰を添加した場合には、添加量を増やすにつれ徐々にコーン指数が大きくなるが、底泥は上がりにくい傾向がある。セメント系固化材は添加量が少量でもコーン指数が大きくなった。

固化助剤を添加した時の固化材添加率とコーン指数の関係を 図 2 に示す。固化助剤を添加すると全てコーン指数は大きくなり、ほとんどのものが少量添加で目標値である $qc=400\sim 800\text{kN/m}^2$ に届く値となった。

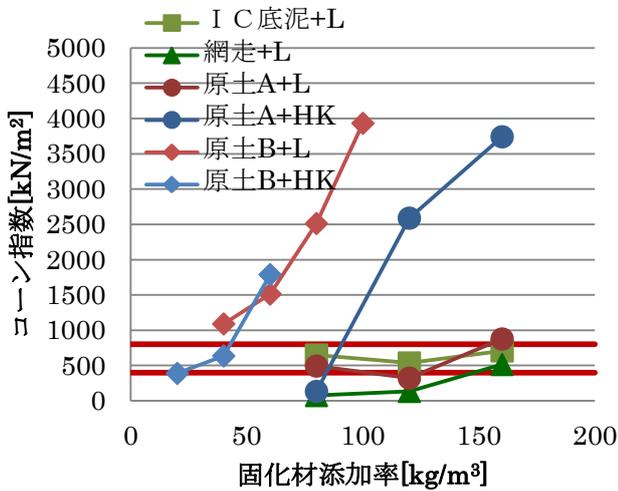


図 1 固化材添加量とコーン指数の関係(固化助剤添加なし)

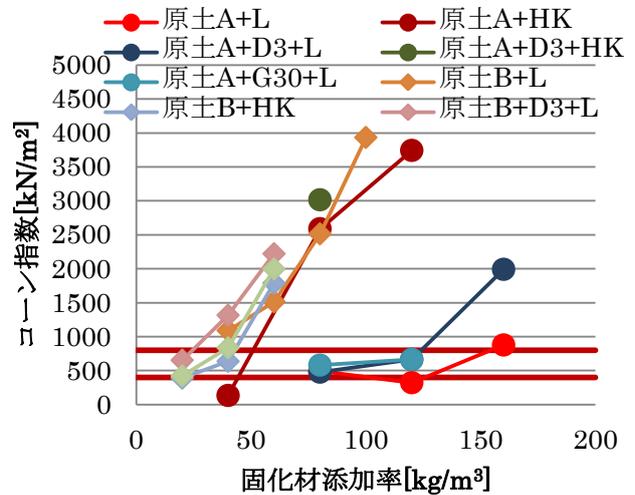


図 2 固化材添加量とコーン指数の関係(固化助剤添加時)

5. 溶出試験の結果

環境庁告示 46 号試験に溶出試験を行い、pH、電気伝導率、フッ化物、塩化物を測定し。原土 A 処理土の結果を表 2 に示す。セメント系固化材・廃石膏を使用した処理土はフッ化物の溶出が大きくなった。

6. まとめ

生石灰を添加した場合よりセメント系固化材を添加した方がコーン指数が大きくなる。粒状化判定では、生石灰はほぼ有効であったがセメント系固化材は固結してしまい粒状固化処理がうまくいかなかった。中性改良材を添加すると粒状固化されやすくなる。固化助剤を添加することによって、コーン指数が大きくなり、固化材添加量の軽減も期待でき、粒状固化にも効果的な働きがあるが、フッ素の溶出については注意が必要である。

表 3 溶出試験の結果

配合	F	Cl
原土A+D3+L80	0.75	10
原土A+D3+L120	0.68	9.5
原土A+D3+L160	0.64	7.7
原土A+D3+HK80	0.95	11.1
原土A+G30+L80	0.95	1.1
原土A+G30+L120	0.82	7.2

謝辞：本研究は(株)九州建設技術管理協会研究開発助成（研究代表者：藤浩史）成果の一部である。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)太田健之ほか：底泥の粒状固化処理における細粒分の影響、平成 24 年土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp449-450、2013.3