

粒状固化処理して締固めた泥土の力学特性に及ぼす含水比の影響

九州産業大学 学生会員 前田 邦斗 九州産業大学 正会員 林 泰弘
ワールド・リンク 非会員 藤 龍一 ワールド・リンク 非会員 中村 斗志也
九州産業大学大学院 学生会員 松丸 沙織 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

浚渫工事等により発生する軟弱土は、主に土砂処分場に埋め立てられてきたが、処分場の確保などが困難になってきたことから埋め立て以外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、通常の土砂と同様に締め固めて盛土材料として活用することを目指している¹⁾。本報告では固化材や独自の固化助剤によって粒状固化処理し、コーン指数が目標値($q_c=400\sim800\text{kN/m}^2$ 以上)を得るための配合試験を行った。さらに、締固め含水比の違いによるコーン指数や透水係数への影響も検討した。

2. 粒状固化処理の方法

対象試料として佐賀県の六角川より採取した有明粘土(AA)、新門司土砂処分場で採取した浚渫土(MJ)、久留米市で採取した建設発生土(KD)を使用した。各試料の物理特性を表1に示す。AA、MJ、KDの順で細粒分が多く、自然含水比と液性限界が高い。

固化材として生石灰(L)、セメント系固化材(HK)、高炉セメントB種(B)を、固化助剤として独自の中性改良剤(DS¹⁾、DWP②、DS α)を用いた。中性改良剤は粒状化を促進し、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するものである。DSはしらすが主原料、DWP②はDSにホワイトカーボンを加えたもの、DS α は珪藻土が主原料である。

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(MJ、AAは液性限界 w_L 、KDは w_L 又は自然含水比に近い $w_n=40\%$)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($20\pm3^\circ\text{C}$)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。

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(MJ、AAは液性限界 w_L 、KDは w_L 又は自然含水比に近い $w_n=40\%$)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($20\pm3^\circ\text{C}$)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。

3. 配合試験

配合量の決定は、コーン指数試験によって行った。養生後の試料を9.5mmふるいを通過するように解きほぐし、コーン指数試験を、「締固めた土のコーン指数試験の方法(JIS A 1228:2009)」に従い行った。

固化材添加量とコーン指数 q_c の関係を図1に示す。凡例は「試料の種類、中性改良剤の種類と量(kg/m^3)、固化材の種類」を示している。固化材添加量の増加によってコーン指数が大きくなるが、生石灰(L)の方が少ない添加量でもコーン指数が得られた。固化助剤については、いずれの中性改良剤もセメント系固化材と併用する事によりコーン指数を改善する効果が見られた。

表1 試料の物理特性

土の名称	AA	MJ	KD
自然含水比(%)	160.1	102.2	38.7
液性限界(%)	130.9	90.0	55.3
塑性限界(%)	52.4	36.6	33.5
土粒子密度(g/cm^3)	2.570	2.778	2.517
塑性指数	78.5	53.4	32.8
礫分(%)	0.0	0.0	0.0
砂分(%)	7.9	13.9	29.3
シルト分(%)	28.6	35.1	38.5
粘土分(%)	63.5	51.0	32.2
均等係数	44.0	7.5	60.0
曲率係数	0.6	0.4	0.6

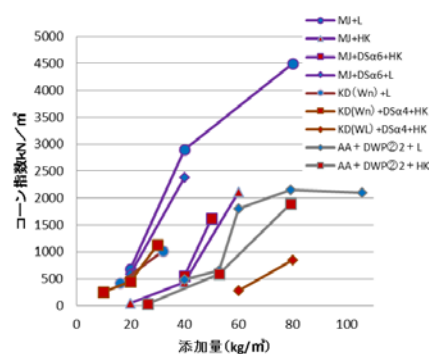


図1 固化材添加量とコーン指数の関係

4. 締固め特性

配合試験の結果より概ね q_c が目標範囲となる表 2 に示す配合について「突固めによる土の締固め試験方法 (JIS A 1210:2009) に従い A-c 法によって締固め試験を行った。締固め曲線を図 2 に示す。いずれの試料についても改良材添加により最適含水比は高くなり最大乾燥密度は低い値になった。MJ 改良土における固化材の種類の違いについては、影響は見られなかった。KD 改良土における改良前の含水比は w_n のものに比べ w_L に調整した改良土の方が高くなり、最大乾燥密度は低くなった。

含水比とコーン指数の関係を図 3 に示す。改良の有無によらず含水比が下がるにつれ q_c が高くなっている。MJ は含水比が 25%以上、KD は含水比が 30%以上の範囲で、改良土の方が q_c が高くなる事が分かる。MJ については固化材の違いによる q_c への影響は見られなかった。KD については改良前の含水比が高い方が q_c が高い事が分かった。

5. 透水係数

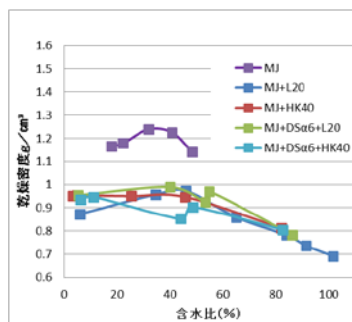
表 2 の配合において、処理後の含水比と、最適含水比で JIS A 1218:2009 に基づいて変水位透水試験を行い求めた透水係数を図 4 に示す。MJ は改良する事により透水係数が $10^{-6} \sim 10^{-4}$ (m/s) から $10^{-4} \sim 10^{-2}$ (m/s) に大きくなった。KD は $10^{-5} \sim 10^{-1}$ (m/s) の範囲で、改良による変化はあまり見られなかった。同一試料、同一配合においては、乾燥密度が大きいほど透水係数は小さくなった。

6. まとめ

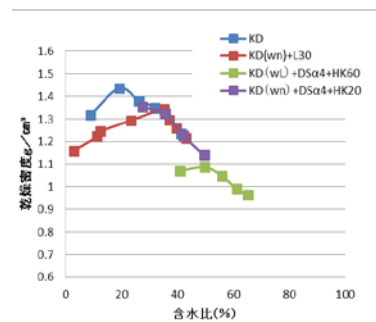
コーン指数 $q_c = 400 \sim 800 \text{ kN/m}^2$ 以上を得る配合の改良土は、含水比が下がる事でコーン指数および最適含水比が高くなり、最大乾燥密度は下がる事が分かった。透水係数は、原土の種類によって変化の形態が異なる事が分かった。

表 2 配合試験結果

配合	含水比(%)	コーン指数(kN/m ²)
MJ+L20	83.2	676
MJ+HK40	79.5	431
MJ+DS α 6+L20	78.3	585
MJ+DS α 6+HK40	81.5	558
KD(w_n)+L30	36.6	723
KD(w_n)+DS α 4+HK20	36.7	444
KD(w_L)+DS α 4+HK60	48.4	510

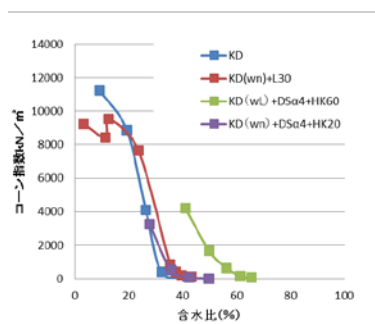


(a) MJ 底泥

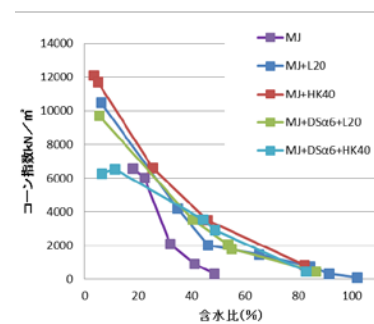


(b) KD

図 2 締固め曲線



(a) MJ 底泥



(b) KD

図 3 含水比とコーンの関係

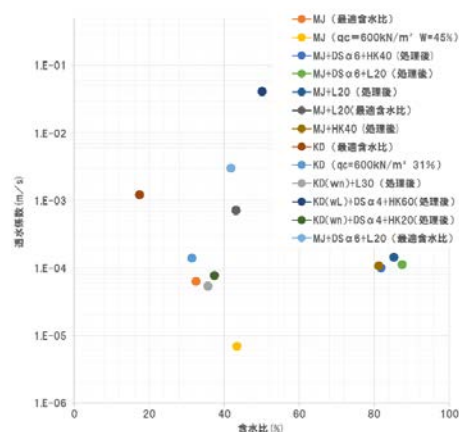


図 4 含水比と透水係数の関係