

底泥の粒状固化処理における細粒分の影響

九州産業大学 学生会員 太田健之
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
九州産業大学 学生会員 松丸沙織

1. はじめに

航路の拡幅等によって海域から浚渫された非常に軟弱な底泥が多く発生している。これまでは、海面埋立処分場に主に投入されてきたが、処分場の確保などが困難になってきており有効利用が望まれている。一方で、震災や豪雨などの震災復興などでは大量の土砂の供給が望まれているが、山砂の利用は環境や経済の面から避けたい面がある。これらの状況から、浚渫土を海面埋立の材料として有効利用（リサイクル）する技術の開発は進んでいるが、さらに幅広く利用する技術が求められている。筆者らは、粘性土系の浚渫土を粒状固化処理することで、内陸部も含めた盛土や埋戻し材として活用することを目指した研究を行っている。本報告では底泥の種類や細粒分含有率に着目し、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（ $q_c=800\text{kN/m}^2$ ）を得るための配合を検討した。

2. 粒状固化処理の方法

物性の異なる3種類の粘性土として、カオリン粘土（液性限界 $w_L=29.57\%$ 、塑性限界 $w_P=27.77\%$ 、細粒分含有率 $F_c=100\%$ ）、博多湾底泥（ $w_L=110.60\%$ 、 $w_P=43.02\%$ 、 $F_c=85.2\%$ ）、網走湖底泥（ $w_L=62.84\%$ 、 $w_P=34.36\%$ 、 $F_c=44.9\%$ ）を用いた。細粒分含有率を調整した模擬底泥を作製するための砂質土試料として、カオリン粘土には太宰府産まさ土（最適含水比 $w_{opt}=10.0\%$ 、細粒分含有率 $F_c=15.0\%$ ）、博多湾底泥には和白底土（ $w_{opt}=13.4\%$ 、 $F_c=2.6\%$ ）を使用した。

固化材として高炉セメント B 種または生石灰を、固化助剤としては中性固化材または廃石膏（二水）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を凝集し団粒構造を作ることができるため、セメントと併用することによって粒状化処理を期待できるとされるものである。

粒状固化処理の手順は以下のとおりである。設定含水比（粘性土は液性限界、砂質土は最適含水比）に調整した対象土を所定の細粒分含有率になる比率でボウル内で混合し、固化助剤を加えた。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（ $20\pm3^\circ\text{C}$ ）で一時間空気乾燥させたのち、再度ミキサーで攪拌させてから密閉容器に入れ、恒温庫で7日間養生した。

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外観とほぐれ易さから写真1の分類に基づいて粒状化判定を行った。粒状化し固化も良好な場合を「粒状化判定○（写真1(a))」、ブロック状に固結してしまい粒状化が不十分な場合を「粒状化判定□（写真1(b))」、粒状化されず強度も不十分な場合を「粒状化判定△（写真1(c))」「泥状のものを「粒状化判定×（写真1(d))」とした。



(a) 粒状化判定○

(b) 粒状化判定□



(c) 粒状化判定△

(d) 粒状化判定×

写真1 粒状化判定基準

粒状化判定の結果として、高炉セメント B 種を添加した場合は判定×から判定△を経て判定□へ、生石灰を添加した場合は判定×から判定△を経て判定○になる傾向となった。つまり、高炉セメント B 種を用いた場合には固結するため粒状にはなりにくかった。また、同じ固化材添加量でも細粒分含有率が小さくなることによって、粒状化判定が△から○になるものも見られた（例えば、博多湾底泥に石灰を添加したもの）。

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）」に従って行った。細粒分含有率を調整したカオリン粘土の固化材添加量とコーン指数の関係を図 1 に示す。凡例には細粒分含有率「Fc」と固化材の種類（高炉セメント B 種の場合「B」、生石灰の場合「L」）を記した。固化材添加量 20kg/m³ で目標値を大幅に超えるコーン指数が得られた。高炉セメント B 種を添加した場合は添加量の増加につれてコーン指数も急激に高くなっていった。生石灰を添加した場合には比較的少ない添加量でコーン指数が大きくなったが、添加量の増加に伴うコーン指数の増加は高炉セメント B 種より小さくなった。また、細粒分含有率を小さくすることでより大きなコーン指数が得られた。

博多湾底泥と網走湖底泥のコーン指数（図 2）は、カオリン粘土と比べると全体的に小さくなった。これは、含水比や含有する粘土鉱物、有機物などが影響していると考えられる。高炉セメント B 種を添加した場合は 120kg/m³ 程度以上の添加量で目標のコーン指数を得ることができた。しかし、生石灰を添加した場合は 160kg/m³ でも目標値の qc=800kN/m² には届かなかった。特に、博多湾底泥に対しては、固化材添加量が 80～160kg/m³ の範囲で固化材添加量の影響が見られなかった。

細粒分含有率を調整した博多湾底泥の結果を図 3 に示す。高炉セメント B 種を添加した場合には、細粒分含有率が小さくなるほどコーン指数は大きくなったが、生石灰を添加した場合には細粒分含有率の影響はほとんど見られなかった。

5. まとめ

固化材に高炉セメント B 種を用いた場合には固結してしまい粒状化処理がうまくいかなかった。生石灰で改良した場合、博多湾底泥を対象とすると目標とするコーン指数が得られず、細粒分含有率の影響も不明確であった。今後は、固化助剤や底泥に含有される塩分の影響についても検討する予定である。

謝辞：博多湾底泥の採取に際しましては福岡市港湾局の方々に多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

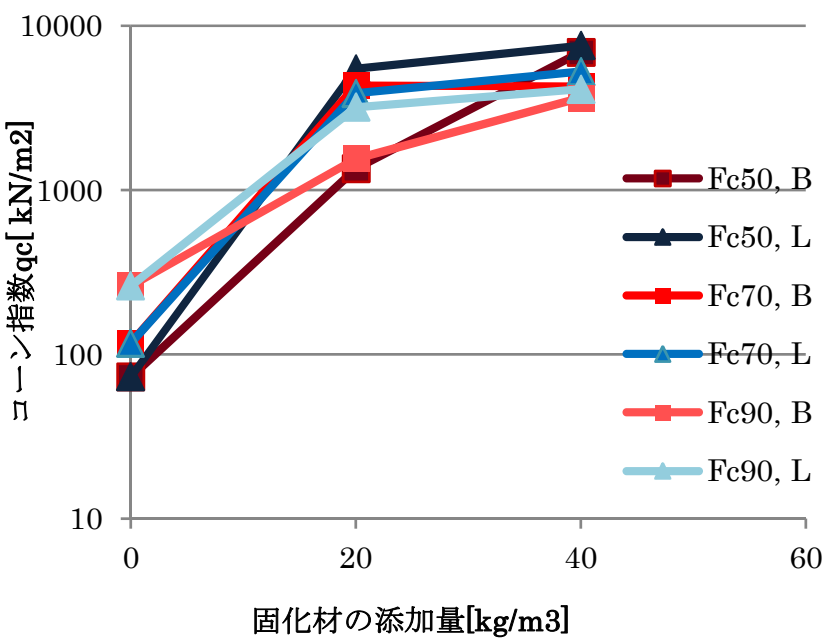


図 1 固化材添加量とコーン指数の関係（カオリン粘土）

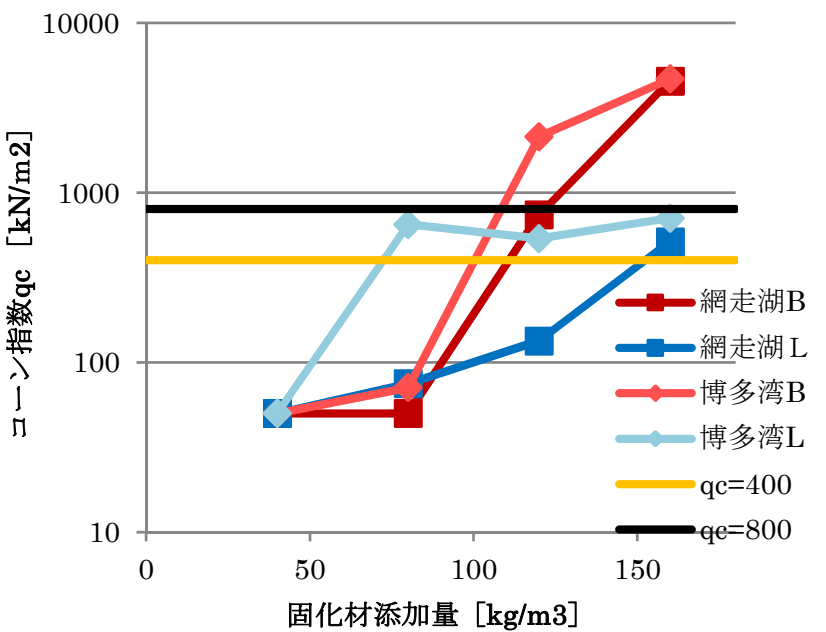


図 2 固化材添加量とコーン指数の関係（博多湾＆網走湖）

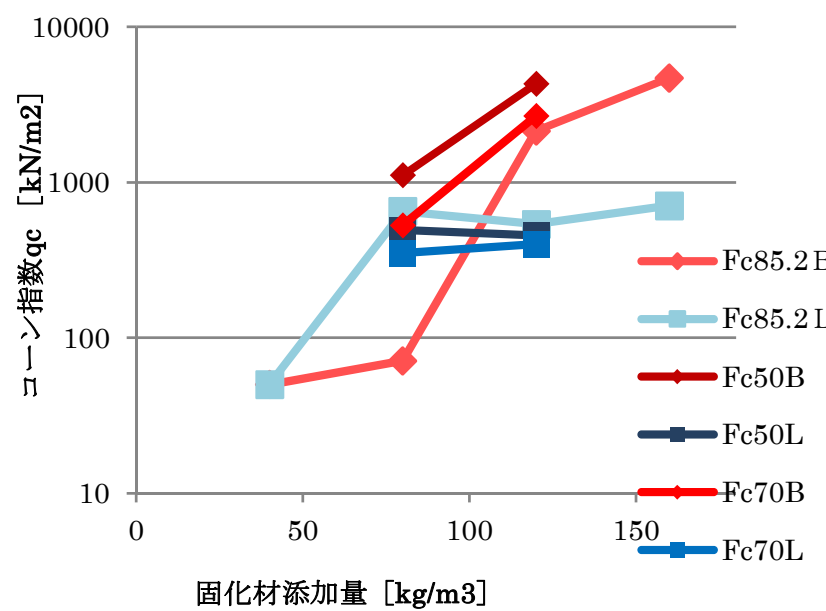


図 3 固化材添加量とコーン指数の関係（博多湾底泥）