

粒度の異なる浚渫土砂に対するセメント処理土の力学特性の違い

名古屋大学 (学生会員) ○笹山哲司 依田広貴 堀内俊輔
 名古屋大学 (正会員) 中野正樹 山田正太郎

1. はじめに

名古屋港は港湾機能維持のため、毎年 130 万 m^3 に
 も及ぶ土砂を浚渫する必要がある。その土砂は名古屋
 港ポートアイランド (以後 PI と記す) に仮置きさ
 れている。PI の浚渫土砂受け入れ容量はすでに限界
 に近づき、今後の対応が喫緊の課題である。そこで
 本報告では管中混合固化処理工法を想定し、作製し
 た処理土の力学挙動を示し、その利用を試みる。そ
 の際に、粘土分の多い浚渫土砂 (以後浚渫土 C と呼
 ぶ) と、砂分の多い浚渫土砂 (以後浚渫土 S と呼ぶ)
 を PI の代表値として、比較していく。

2. PI 浚渫土砂の物理的性質

名古屋港 PI から採取した浚渫土 C と浚渫土 S の物
 理的性質を表-2.1 に、粒径加積曲を図-2.1 に示す。表
 -2.1 より、液性限界、塑性指数は浚渫土 C の方が大
 きな値を示す。しかし地盤材料の工学的分類に基づ
 くと、浚渫土 C, S とともに粘土(CH)に分類される。ど
 ちらも自然含水比が高いため、浚渫土砂を未改良の
 まま地盤材料として有効利用することは困難である
 と予想される。

表-2.1 物理的性質

	浚渫土C	浚渫土S
土粒子密度 ρ_s [g/cm^3]	2.674	2.64
自然含水比 w_n [%]	50~110	40~70
液性限界 w_L [%]	52.5	48.7
塑性限界 w_P [%]	25.1	29.6
塑性指数 I_P [%]	21.8	19.1
粘土分 [%]	60	35.1
シルト分 [%]	36.6	34.2
砂分 [%]	3.4	30.7
平均粒径 D_{50} [mm]	0.002	0.011

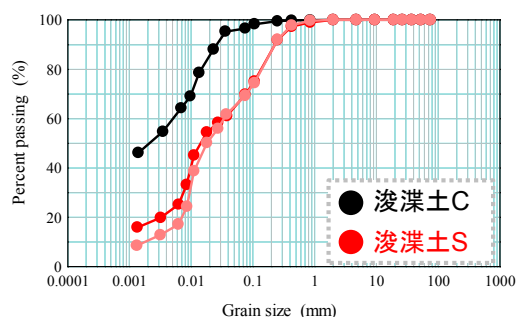


図-2.1 粒径加積曲線

3. PI 浚渫土砂の力学的性質

3.1 浚渫土砂の圧縮特性

浚渫土 C, S の標準圧密試験を行った。供試体は十
 分に練り返した試料を 196.2kPa で一次元圧縮し作製
 した (以後再構成試料と呼ぶ)。ここでは示さないが
 結果より、圧縮線の傾き λ は浚渫土 C で 0.192, 浚渫
 土 S では 0.124 で、浚渫土 C は典型的な粘性土に近
 い圧縮性を有し、浚渫土 S はそれよりも圧縮性が低
 い。また初期比体積, すなわち第 1 段階載荷
 $\sigma'_v = 39.24\text{kPa}$ での比体積 v は、浚渫土 C の方が大
 きいことも大きな特徴である。

3.2 三軸圧縮試験によるせん断挙動の把握

浚渫土 C, S の再構成試料による非排水三軸圧縮試
 験結果を図-3.1 に示す。浚渫土 C, S のせん断直前の
 比体積は各々の拘束圧で 0.5 程度、浚渫土 S の方が
 小さくなっている。 $q-\epsilon_a$ 関係において、拘束圧
 294.3kPa の場合、浚渫土 S はせん断初期から浚渫土
 C よりも q の増加率が高い。特に ϵ_a が 1% を越えて q
 の増加率が減少し始めると、浚渫土 S と C の q の差
 は大きくなり、 ϵ_a が 10% あたりでは 100kPa 程度、
 浚渫土 S が大きくなる。その特徴を反映するように、
 $q-p'$ 関係において、浚渫土 S は $q=250\text{kPa}$ を越える
 あたりから p' が増加に転じながら q も増加する。一
 方、浚渫土 C は p' の増加は見られず、逆に q が軟
 化する。浚渫土 S, C の粒度の違いが力学挙動に影響
 している。

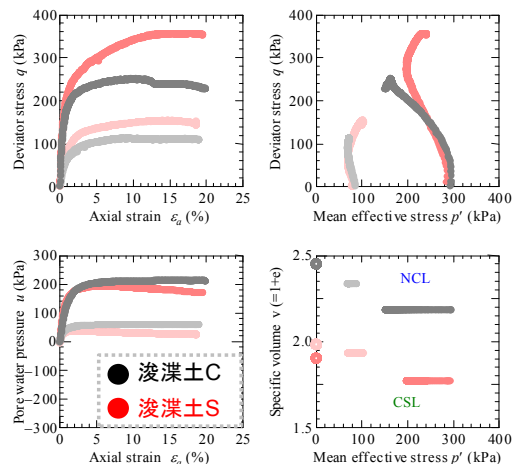


図-3.2 浚渫土非排水三軸圧縮試験結果

4. セメント処理土の流動特性

本研究において、セメント処理土は管中混合固化処理工法により作製された処理土を対象とする。砂分 30%以下の土砂が本工法に適している¹⁾ことから浚渫土 C, S とともに処理土として利用可能である。本工法に適したフロー値を得るため、浚渫土 C では、含水比を 100～150%に調整し、高炉セメント B 種を添加量 $C=30\sim100\text{kg/m}^3$ (単位: 処理土 1m^3 に含まれる固化材重量) と変化させて処理土 C を作製した。浚渫土 S では、含水比を 70～90%, 高炉セメント B 種添加量を $C=50\sim100\text{kg/m}^3$ とした。

含水比～フロー値の関係を図-4.1 に示す。同含水比では、浚渫土 C の方が浚渫土 S よりフロー値が小さい。また浚渫土砂に比べて、処理土のフロー値は著しく小さくなり、一方、固化材添加量の違いによらず処理土のフロー値はほぼ一定となる。

処理土の流動特性を考慮し、本工法に必要なフロー値 90～100mm 満たす浚渫土砂の初期含水比を、浚渫土 C で $w=120\%$ 、浚渫土 S で $w=80\%$ と決定した。

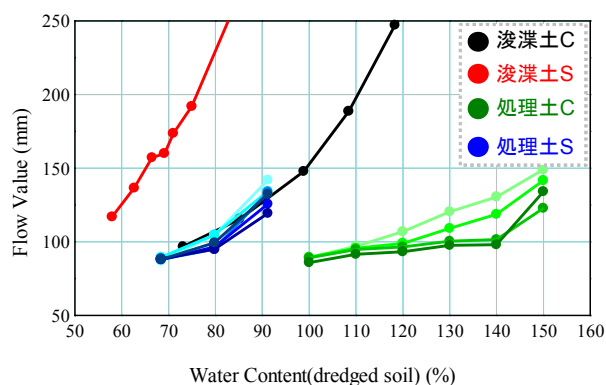


図-4.1 浚渫土、処理土フロー試験結果

5. セメント処理土の力学特性

浚渫土 C に対し、固化材添加量 C を 30, 50, 70, 78kg/m^3 、浚渫土 S で 30, 50, 70kg/m^3 とし、処理土 C, S を作製し、養生日数に対する一軸圧縮試験を行った。図-5.1 に養生日数～一軸圧縮強度の関係を示す。表-5.1 にそれぞれの処理土の水セメント比、一軸圧縮試験 (養生 28 日) での含水比、比体積、一軸圧縮強度 q_u を示す。固化材添加量 C が増えるほど、 q_u の増加、養生による強度増加率の増大が見られた。また処理土 C においては、 C の増加とともに、含水比、比体積の低下が見られた。粉末セメントを用いるのと、それに伴う固化作用のためであると考えて

いる。続いて同じ固化材添加量での処理土 C, S を比較すると、含水比、比体積ともに大きいにも拘わらず、処理土 C の方が処理土 S よりも大きな q_u を示す。水セメント比を 9.46 で同じにしても処理土 C の q_u が大きい。通常の土では含水比が低く、比体積が小さくなるほど強度を有する傾向がある。浚渫土砂が異なる材料であるため直接比較はできないが、今回の試験条件では、粘土・シルト分の多い浚渫土 C の方が、セメント固化反応が進んだと考えられる。

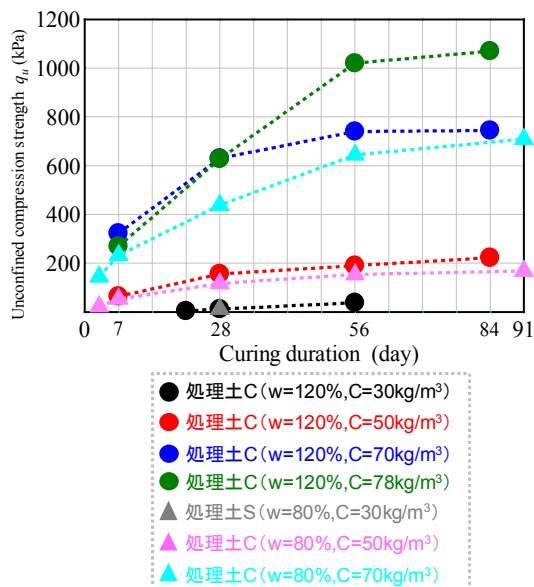


図-5.1 処理土一軸圧縮強度-養生日数関係

表-5.1 一軸圧縮試験 (含水比, 比体積, 強度)

	含水比 w_0 (%)	セメント添加量 C (kg/m^3)	水セメント比 W/C	一軸試験 (28日養生)		
				含水比 (%)	比体積	一軸圧縮強度 (kPa)
処理土 C	120	30	25.20	107.2	3.92	11.6
		50	14.98	103.1	3.82	155.7
		70	10.63	99.3	3.72	630.4
		78.4	9.46	97.3	3.70	628.0
処理土 S	80	30	21.72	70.7	2.90	9.8
		50	13.34	72.0	3.02	116.7
		70	9.46	69.5	2.95	438.0

6. おわりに

既往の研究では、細粒分が多い場合、セメント処理土の q_u が低い傾向を示す²⁾とされている。しかし管中混合固化処理工法を想定する高含水比浚渫土においては、細粒分が多くても、 q_u が高い傾向を示した。今後は三軸圧縮試験での強度比較を行うとともに、鉱物組成を調べ、粒度とセメントの固化反応の関係を調べていくつもりである。

参考文献 1) (財) 沿岸技術センター (2008): 管中混合固化処理工法技術マニュアル (改訂版)。2) 金城他 (2004): 土を固める原理と応用 3. 改良土の特性。土と基礎 (講座) pp.59～66。