

流動化処理土の浮力と初期強度及び表面強度に関する一考察

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○石原 寛隆
同上 正会員 吉田 直人
同上 正会員 榎谷 有吾
同上 正会員 小橋 秀俊

1. 概要

流動化処理土で埋設物を埋戻す場合、浮力が埋設物に作用する。施工時は浮力の作用している間、浮力による埋設物の浮上りを対策工により防いでいる。しかし、対策工を撤去するタイミング等は経験に基づいており、影響を受けないよう余裕をとって撤去が行われているのが現状である。また、流動化処理土は路床や路体等に必要な強度が発現するまで時間がかかり、即日復旧を行うに当たっては大きな障害となっている。以上より、①浮上り対策工の撤去のタイミングを現場で簡易に確認する方法と、②早期解放に向けた流動化処理土の表面強度を上昇させる方法について検討を行った。

2. 実験概要

①対策工を撤去するタイミングを把握するためには、1) 作用する浮力の大きさとその持続時間を確認すること、2) 打設後、自硬が始まりある強度があれば、浮力が作用していても埋設物が影響をうけることはないため、流動化処理土の初期強度の立ち上がり方を確認することの2つが必要である。

1) の浮力に関しては、容器(800 mm×800 mm×800 mm)に流動化処理土をモルタルポンプにて打設し、その中に埋設物に見立てた浮体(Φ267 mm×270 mm)を設置し浮力を引張力としてロードセルにて計測した。使用した打設容器と浮体を図1に示す。また2) の強度に関してはパレット(900 mm×900 mm×250 mm)に流動化処理土を打設し山中式土壌硬度計を使用し初期強度の発現を計測することとした。土壌硬度計には2種類(標準型・平面型)があるが、どちらの土壌硬度計も初期の自硬過程にある流動化処理土の強度を計測することは出来ない。そこで土壌硬度計の平面型の先端面積は2cm²である為、面積を4cm²、8cm²、16cm²としたアタッチメントを作成し初期強度を計測した。使用したアタッチメントを図2に示す。実験に使用した流動化処理土は埋設管の埋戻しにおける流動化処理土の利用を想定(表1)し配合比、セメント添加量等を決定した。製造した流動化処理土の原土の物性を表2に示す。製造した流動化処理土は配合比(原土:水の重量比)を3case(2.8:1.0, 3.3:1.0, 3.8:1.0)、練上り温度を冷(15~20℃)と温(25~30℃)の2caseとし計6caseとした。実験caseを表3に示す。

②表面強度に関しては、上記と同様に流動化処理土を重量比3.3:1.0で製造し、パレットに打設をした流動化処理土の表面を均し、その上に各種散布材を散布した。散布材と実験caseは表4のとおりである。表面強度の測定は上記と同様にアタッチメントを使用した土壌硬度計で測定した。

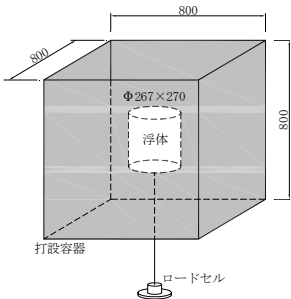


図1 実験モデル

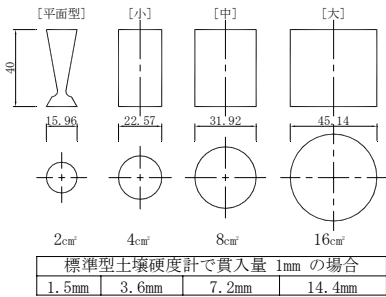


図2 土壌硬度計アタッチメント

表1 マニュアルの要求品質

密度	1.35 g/cm ³ 以上
フロー値	160 mm以上
ブリージング率	3 %以下
一軸圧縮強度	130 kN/m ² 以上 500 kN/m ² 以下

表2 原土の物性

礫分	1.0 %
砂分	78.3 %
シルト分	17.0 %
粘土分	3.7 %
土粒子比重	2.705

表4 散布材と表面強度実験 case

実験case	散布材	散布量[kg]	備考
1	無対策	-	
2	生石灰	5	土壌改良用高度石灰
3	消石灰	3	ライン用
4	セメント	5	高炉セメントB種
5	山砂	5	含水比 13.8%
6	川砂	5	含水比 9.2%
7	砂利	5	粒径 3~5mm
8	発生土	5	含水比 25.3%
9	保温養生	-	電気カーペット

表 3 浮力実験ケース及び流動化処理土の諸元

case	配合比 (土：水)	練り上がり	セメント添加量 kg/m ³	密度 g/cm ³	フロー値 mm	粘度 Pa・s	ブリーディング率 %	一軸圧縮強度	
								σ ₇ kN/m ²	σ ₂₈ kN/m ²
1	2.8：1.0	冷 (15-20℃)	70	1.60	290×290	6.27	1.23	98.1	261.4
2	3.3：1.0			1.61	310×300	6.47	0.29	94.6	329.7
3	3.8：1.0			1.67	205×210	5.37	0.31	136.5	366.7
4	2.8：1.0	温 (25-30℃)		1.60	240×240	7.57	0.00	79.5	256.5
5	3.3：1.0			1.59	300×300	9.40	0.00	73.5	279.9
6	3.8：1.0			1.68	160×160	28.27	0.24	132.8	353.3

3. 実験結果

浮力と初期強度実験結果を図 3~7 に示す。図 5~7 の浮力はロードセルで測定した引張力を底面にかかる上向きの力として底面積で除して浮力強度(kN/m²)としている。強度は土壤硬度計による測定値(mm)を換算式(9806.65*測定値/[0.7952*(40-測定値)²])により支持力強度(kN/m²)とした。フロー値(図 3)は同じ配合比であれば練上り温度が高い方が早く自立(80mm)することがわかる。また粘度(図 4)に関しても同様に粘度の上り方が大きくなり、練上り温度に大きく影響される。

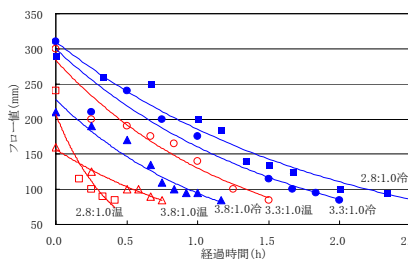


図 3 フロー値

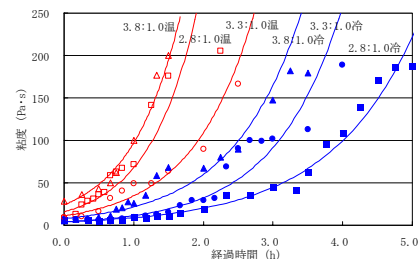


図 4 粘度

図 3 フロー値 図 4 粘度

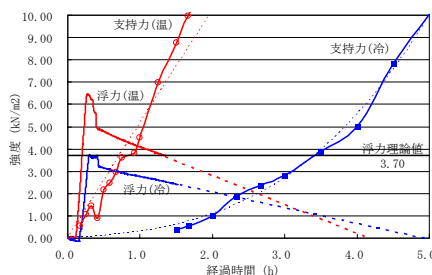


図 5 浮力強度と支持力強度(2.8:1.0)

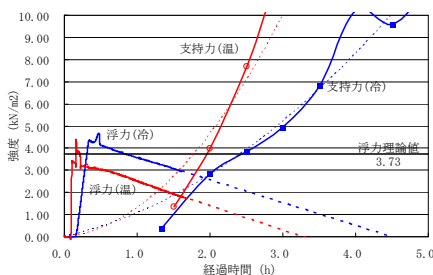


図 6 浮力強度と支持力強度(3.3:1.0)

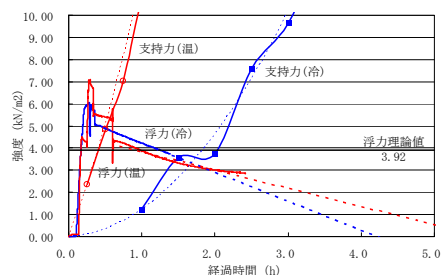


図 7 浮力強度と支持力強度(3.8:1.0)

図 5~7 に示す浮力は全ての case において最大値は理論値よりも大きな値を示している。大きなものでは 1.8 倍程度まで作用しており、浮上り対策工には大きな反力が必要となる。浮力と支持力の関係は、配合比 2.8:1.0 の場合、2.5h(冷)・1.0h(温)、3.3:1.0 の場合、2.0h(冷)・1.3h(温)、3.8:1.0 の場合、1.7h(冷)・0.5h(温)程度の時間で浮力強度曲線と支持力強度曲線が交差している。それぞれの交差した時間と供試体が自立するのに必要な時間とはほぼ同じである。フロー試験にて自立を確認した時点で、浮体に作用する力はすでに浮力が支配的な領域から支持力が支配的な領域に移行していると考えられる。

表面強度の実験結果を図 8 に示す。表面強度は無対策のものより各散布材を散布した場合の方が高い強度を示した。初期強度の発現は case2 生石灰が最も早く、10 時間経過後からは case4 セメントが最も強度が高く発現した。流動化処理土の打設後に強度を早期に発現させるには、散布材を用いることが有効な手段であると考えられる。

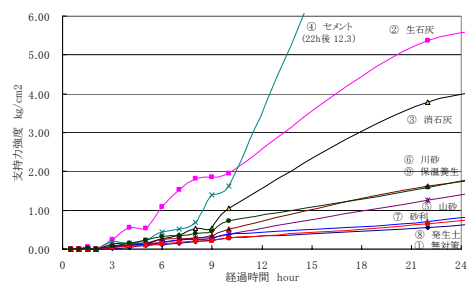


図 8 表面強度と経過時間

4. まとめ

浮上り対策工の撤去は、現場にてフロー試験を行い自立を確認した時点で可能であること、早期に表面強度を発現させるには、散布材を用いることが有効であると言える。ただし、浮上り対策の撤去時期は土被り厚等や埋設物の大きさ等の施工条件により現場毎に異なり一概には決定できないため、現場毎の施工条件に応じた撤去時期を見極める必要があること、早期の強度発現には、散布する材料によっては、再掘削に支障をきたす可能性もあることから今後更なるデータの蓄積を行う必要がある。

【参考文献】 建設省土木研究所「流動化処理土利用マニュアル」 平成 9 年 3 月