

各種改良土の凍結強度特性

ー凍土設計データベースの整備(その2)ー

鹿島建設(株) 正会員 ○田口翔大 辻 良祐 永谷英基 吉田 輝
ケミカルグラウト(株) 正会員 長田友里恵 相馬 啓
北海道大学 正会員 西村 聡

1. はじめに

凍結工法は、その高い安全性と止水性から高水压下における掘削防護工としてこれまで多くの現場に適用されてきた。凍結工法に用いられる凍土の設計強度は日本建設機械化協会によって示されている¹⁾が、その対象は粘性土と砂質土のみであり、その他の土質材料については、利用可能なデータが少ない。そこで筆者らは各種地盤材料や改良土等を対象として体系的な凍土試験を行い、凍土物性値のデータベース化を進めている²⁾。本報では、これまでに報告事例の少ない各種の改良土(セメント系および水ガラス系)を対象とした凍土の強度試験結果について報告する。

2. 試験材料

試験材料は表-1に示すジェット改良土(セメント系高圧噴射攪拌工法による改良体)、流動化処理土、および表-2に示す可塑状グラウト、薬液改良土(水ガ

表-1 試験材料①

No.	改良土名称	単位体積重量(kg/m ³)					凍結後の湿潤密度 ^{*1} (g/cm ³)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)
		水	固化材	君津砂	ベントナイト	計		
1	ジェット改良土	262	218 ^{*2}	1785	—	2265	1.889~1.954(1.924)	1.67
2	流動化処理土	315	150 ^{*3}	1683	20	2168	1.782~1.855(1.826)	0.86

*1 最小値~最大値(平均値) *2 SJ-1号H型, SUPERJET研究会認定品 *3 高炉セメントB種, 太平洋セメント(株)製

表-2 試験材料②

No.	改良土名称	単位体積重量(kg/m ³)				凍結後の湿潤密度 ^{*1} (g/cm ³)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)
		A液	B液	君津砂	計		
3	可塑状グラウト ^{*4}	1172	75	—	1247	1.107~1.207(1.138)	3.23
4	薬液改良土 ^{*5}	232	210	1333	1775	1.694~1.842(1.790)	0.12

*4 グリーンバック, (株)立花マテリアル製 *5 ジオキープ, 東曹産業(株)製

表-3 君津砂の物理的性質

土粒子密度 (g/cm ³)	2.712
最大粒径 (mm)	4.75
粘土分 (%)	0
シルト分 (%)	1.14
砂分 (%)	97.93
礫分 (%)	0.93
塑性限界 (%)	N.P.
液性限界 (%)	N.P.

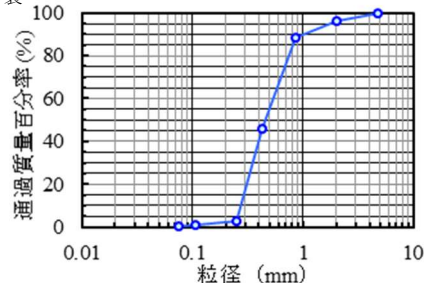


図-1 君津砂の粒径加積曲線

ラス系薬液で改良した砂地盤)の計4種類とし、いずれも室内練り混ぜにより供試体を作製した。ジェット改良土、流動化処理土、および可塑状グラウトは、供試体作製用の型枠に打設後40℃の環境下で7日間の封緘促進養生をした後に、所定の試験温度で1日養生してから試験に供した。なお、表には同一の条件で養生をした供試体の常温における一軸圧縮強度も示している。ジェット改良土、流動化処理土、および薬液改良土で母材に使用した君津砂の物理的性質を表-3に、粒径加積曲線を図-1に示す。

3. 試験方法

各試験材料の凍土に対して、通常の三軸圧縮試験の実施は困難であるため、一軸圧縮試験、曲げ試験、および傾斜型一面せん断試験²⁾(以下、せん断試験)を実施した。各試験における供試体の寸法および試験方法は既報²⁾と同様のため割愛するが、せん断試験は、写真-1に示すような傾斜角 θ の分割面によって上下に分割された鋼製円筒型枠の内側に一軸圧縮試験と同様の円柱供試体をセットし、型枠ごと軸方向に圧縮して分割面沿いに強制的に滑り破壊させることで滑り面上のピーク応力 $D(\sigma, \tau)$ を求める試験である。図-2に示すように、 D は σ - τ 平面上において軸圧縮応力のピーク値 C' (見掛けの一軸圧縮強度)を用いた破壊時モール円と、原点 O から σ 軸に対し滑り面の傾斜角 θ で引いた直線との交点である。図-3に示すように、曲げ強度 T を通り一軸圧縮強度 C を直径とする一軸圧縮破壊時のモール応力円に接する直線を破壊規準直線と見なせば、その縦軸(τ 軸)切片がせん断強度 S となり、せん断試験による破壊時応力状態である D もこの直線上に位置することが期待される。今回、せん断試験は傾斜角 $\theta=60^\circ, 45^\circ$ の2通りを実施しそれぞれについて D 点($D1, D2$)を求めた。試験温度は-5, -10, -20, -30, -40℃の5水準とし、同一条件における試験数量は $N=3$ とした。

キーワード：凍結工法, 凍土, 改良土, 強度特性

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL. 042-489-6559



写真-1 型枠

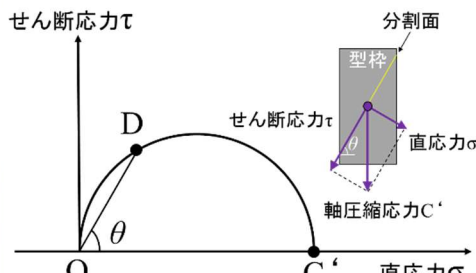


図-2 傾斜型一面せん断試験

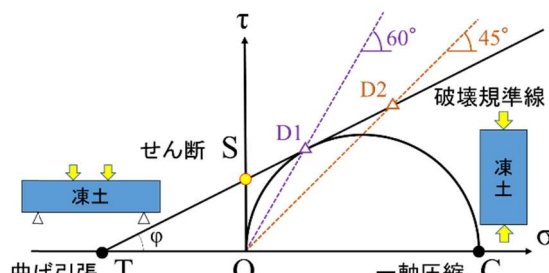


図-3 各強度の関係と破壊規準直線

4. 試験結果

試験結果の一例を図-4 および図-5 に示す。なお、図に示す破線は、図-3 に示したとおり一軸圧縮強度 C と曲げ引張強度 T から定めた各温度の破壊規準直線である。せん断試験から得られた傾斜角 $\theta = 60^\circ$ 、 45° の破壊応力点 D は、概ね破線上に位置している。これは既報²⁾における粘性土や砂質土と同様の結果であり、改良土においても前記の破線を破壊規準線と見なし、その τ 軸切片をせん断強度 S とすることが妥当であることがわかった。

さらに、図-6 および図-7 に各試験材料における温度とせん断強度 S (粘着力 c) の関係および温度と見かけの内部摩擦角 ϕ との関係を示す。見かけの内部摩擦角 ϕ は、前記の破線の勾配を K とすれば $\tan^{-1}K$ である。試験温度が低下するに伴い、せん断強度 S および内部摩擦角 ϕ が増大する傾向が確認できた。

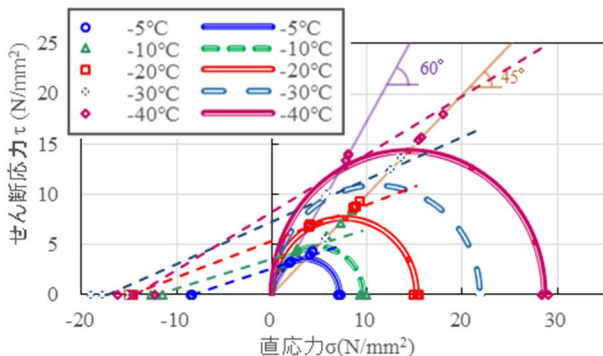


図-4 試験結果 (流動化処理土)

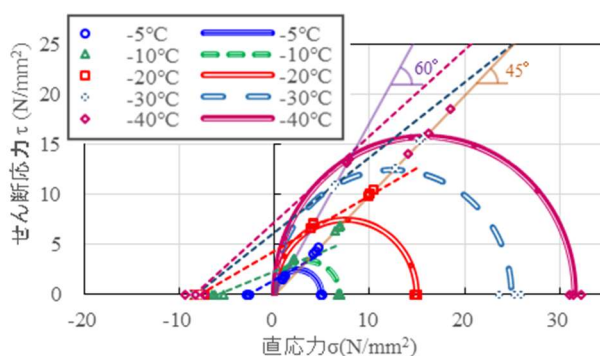


図-5 試験結果 (薬液改良土)

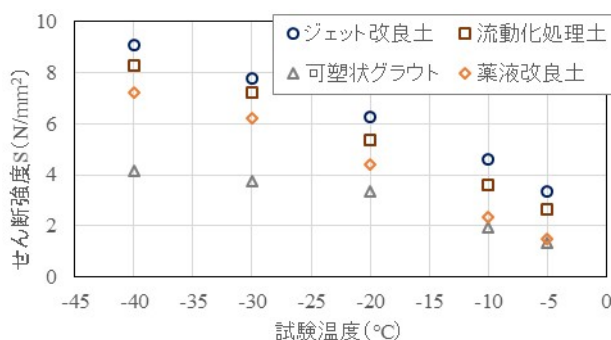


図-6 試験温度とせん断強度の関係

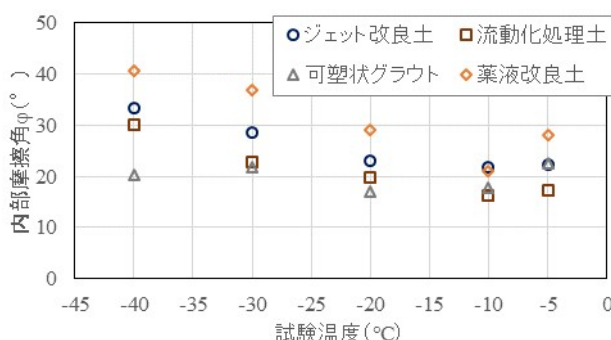


図-7 試験温度と見かけの内部摩擦角の関係

5. まとめ

各種の改良土の凍土を用いて強度試験 (一軸、曲げ、せん断) を行った結果、以下の結果が得られた。

- 1) セメント系の改良土、水ガラス系の改良土とも、凍土のせん断強度と内部摩擦角は温度の低下に伴い増大した。
- 2) 改良土において、一軸圧縮強度と曲げ引張強度から直線状の破壊規準線を求め、その τ 軸切片をせん断強度とすることは妥当と考えられる。
- 3) 上記 1), 2) は既報²⁾における改良土でない土質材料の凍土と同様の結果であった。

参考文献

- 1) 日本建設機械化協会：地盤凍結工法－計画・設計から施工まで－，技報堂，pp.44-45，1982。
- 2) 吉田ら：凍土の一軸圧縮・曲げ引張・せん断強度の一括評価－凍土設計データベースの整備，第 53 回地盤工学研究発表会，2018。