

原位置試料を用いた再構成凍土の強度特性

鹿島建設(株) 正会員 ○白井健泰 佐藤一成 吉田 輝 永谷英基
中日本高速道路(株) 正会員 石田篤徳

1. はじめに

地盤凍結工法は、薬液注入工法やセメント系固化工法などの一般的な地盤改良工法に比べ高コストであるが、止水性は最も確実な工法¹⁾である。今回、大規模な凍結工事が計画されている工事を対象に、原位置試料の再構成供試体を作成し、凍結強度を評価したので、その結果を報告する。

2. 試験概要

凍結強度は細粒分含有率によって変化する²⁾。今回の試料土は凍結工事が計画されている原位置でのボーリングで採取した細粒分含有率が異なる4つの地層の土を用いた。試料土の粒度分布を図-1、物理試験結果と供試体（凍結前）の湿潤密度を表-1に示す。地層Dは粘性土が主体であるが、今回の試料は細粒分含有率が50%未満のため、工学的分類上は砂質土となる。これらの試料を円筒モールド内で原位置相当の密度まで静的に締め固めたものを飽和・凍結させて供試体を作成し、一軸圧縮試験に供した。また、実工事での溶液型の薬液注入工法の併用を想定し、間隙を薬液に置換した供試体も併せて作成し、一軸圧縮試験を実施した。試験装置を図-2、図-3に示す。試験は、恒温室を用いて温度一定条件下で行った。試験ケースを表-2に示す。得られた軸圧縮～軸ひずみ関係から、圧密試験において圧密降伏応力の算出に用いられるキャサグランデ法³⁾を準用し、一軸圧縮降伏強さ（以下、圧縮強度と称す）を評価した。

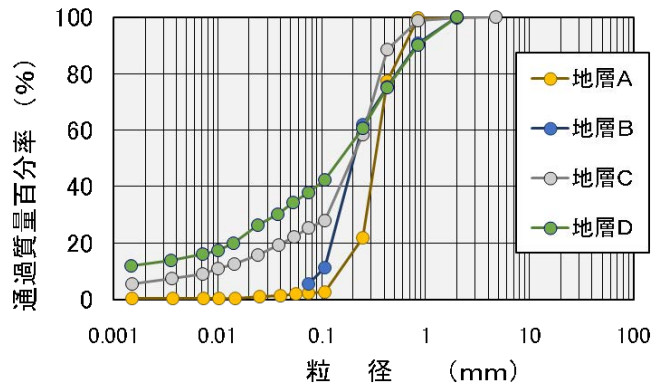


図-1 試料土の粒径加積曲線

表-1 試料土の物理特性

地層名	土粒子密度 (g/cm ³)	細粒分含有率 (%)	試験時湿潤密度 (g/cm ³)
地層A	2.682	2~3	1.924
地層B	2.694	7~10	1.901
地層C	2.691	30~35	1.952
地層D	2.700	39~41	2.054

表-2 実験ケース

試料名	試験温度	ひずみ速度
地層A	-10℃	1.0%/min
地層B	-5℃	
	-10℃	
地層C	-20℃	
	-10℃	
地層D	-5℃	
	-10℃	
薬液注入模擬土 (地層Aが母材)	-20℃	
	-5℃	
	-10℃	

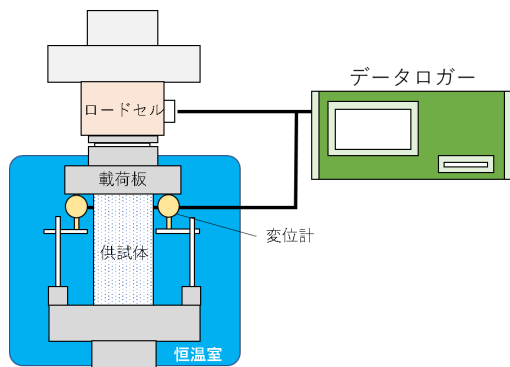


図-2 試験装置イメージ図

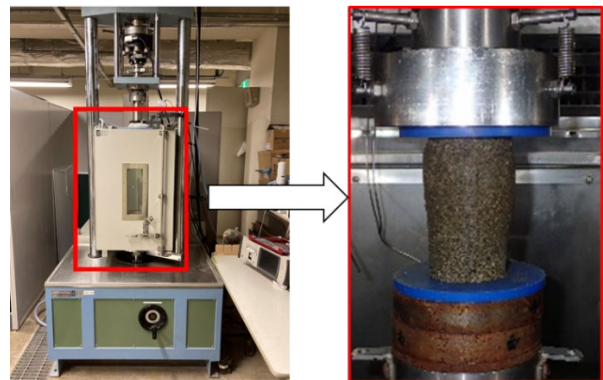


図-3 試験装置（左）と試験状況（右）

キーワード 凍土, 凍結強度, 原位置試料土, 大深度

連絡先 〒182-0036 東京度調布飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

3. 試験結果

図-4に試験温度-10℃、図-5に試験温度-20℃の圧縮強度と細粒分含有率の関係を示す。図中には従来の設計強度の範囲⁴⁾と、既往の報告データ(×印)²⁾を併記している。試験温度が-10℃の時、既往の報告と同様に細粒分含有率が高いほど圧縮強度が低い傾向となり、細粒分が30~35%の地層Cおよび細粒分が39~41%の地層Dは、従来の砂質土の設計強度より低く、粘性土の範囲となった。これは、細粒分含有率が50%未満(砂質土)であっても、その値に応じて粘性土相当の設計強度を用いることの必要性を示唆した既往の報告²⁾と同様の結果である。一方、-20℃では細粒分含有率が高いほど圧縮強度が低い傾向は同様であるが、地層Dの強度が粘性土の範囲よりも強度が高くなった。図-6に試料毎の試験温度と圧縮強度の結果を示す。地層B、地層D、薬液注入模擬土とも、試験温度が低下すると、圧縮強度が増加した。図-7に-10℃の圧縮強度を1とした場合の各温度の強度比を示す。地層Bと地層Dを比べると、地層Dのほうが温度による強度変化が大きいことがわかる。これは、今回試験した温度範囲では、細粒分が多いほど凍土中に液体で残存する水分(不凍水)が多く、かつその量が温度低下とともに急激に減少するためと考えられる。一方、薬液注入模擬土の強度比は、-5℃と-10℃の圧縮強度の変化は他の試料と比べて小さいが、-10℃と-20℃は地層Bよりも高い。これは、細粒分が多い試料と同様に、薬液により供試体内部の不凍水分量が増加した影響と考えられる。

4. おわりに

現地で採取した土層の再構成試料を使用し、細粒分含有率や試験温度が凍結強度に与える影響を実験的に検討した。今後も凍結強度のデータを拡充し、凍結工事の安全性の向上に努める所存である。

参考文献

- 1) 伊藤謙ほか：我が国における地盤改良技術の変遷 5. 人工地盤凍結工法とその展開, 日本材料学会, vol.65, No12, pp.883-889, Dec.2016.
- 2) 田口ほか：凍土の一軸圧縮降伏強さと細粒分含有率および乾燥密度との関係, 土木学会全国大会第74回年次学術講演会, 2019.
- 3) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説, 地盤工学会, 2009, pp.447-448.
- 4) 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, 1982, pp.44-45.

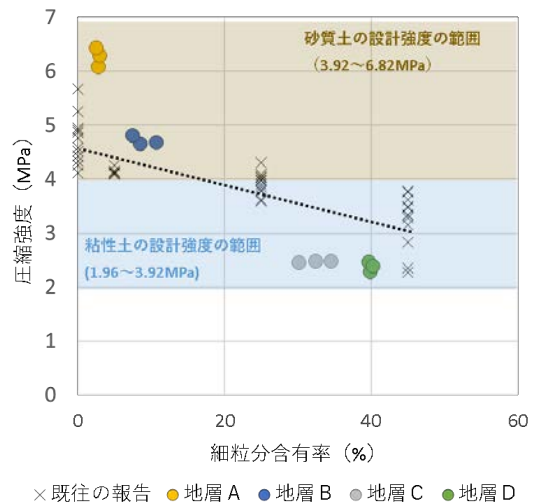


図-4 圧縮強度と細粒分含有率 (-10℃)

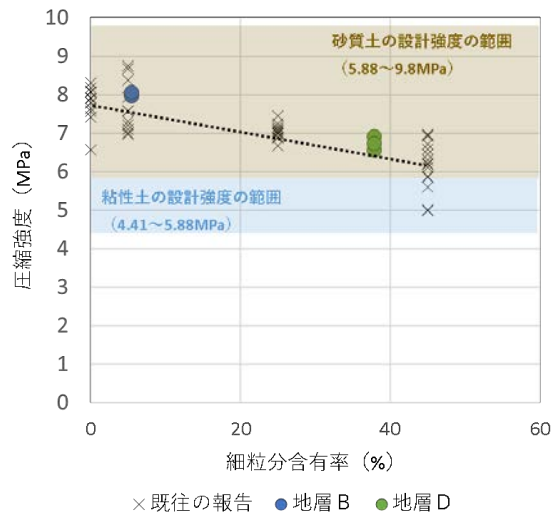


図-5 圧縮強度と細粒分含有率 (-20℃)

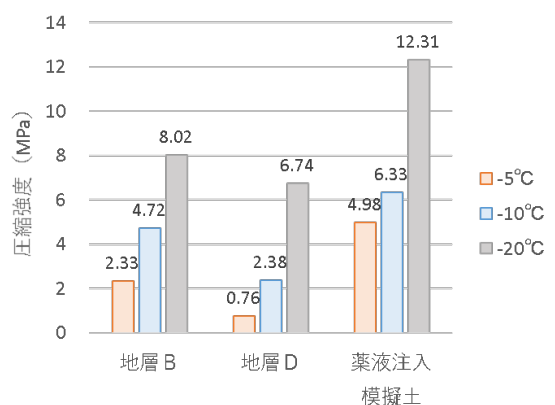


図-6 試験温度と圧縮強度

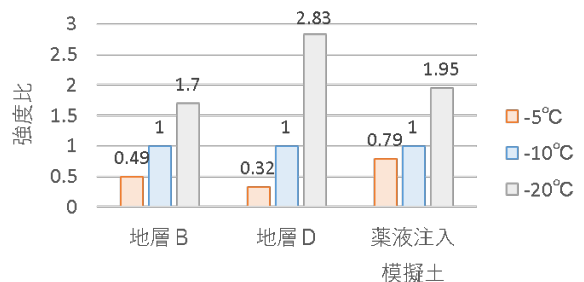


図-7 試験温度と強度比