

各種改良土の凍上・解凍沈下特性 —凍土データベースの整備（その3）—

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

1. はじめに

高水圧が作用する地中拡幅工事では、掘削中の安全確保のため、止水性に優れた凍結工法は有用な補助工法であるが、凍結工法の適用にあたり留意すべき項目の一つに、地盤の凍結膨張がある。凍結膨張は、粘性土や細粒分を多く含む砂質土で生じ、細粒分を含まない砂では生じないことが知られているが、凍土造成の際には自然地盤だけでなく、シールド裏込め材や薬液改良地盤など各種の改良土や人工材料を含めて凍結する可能性がある。これらの材料の凍結膨張性は報告事例が少なく、設計に考慮されないことが多かった。筆者らは凍土データベースの整備の一環として、各種の改良土等に対し、凍上試験を実施し、凍結膨張特性（凍結膨張率、解凍沈下率）を調べたので報告する。

2. 試料

使用した試料の一覧を表-1 に示す。①~④の各種改良土のほか、比較のため⑤山砂と⑥砂質粘土についても試験を行った。①~④は別報¹⁾に示す材料と同じもの（原材料、配合、養生方法）を用いた。

表-1 試料一覧

試料No	試料	備考
①	可塑状グラウト	固化材は水ガラスを使用
②	流動化処理土	母材は⑤山砂を使用
③	ジェット改良土	
④	薬液改良土	
参考	⑤ 山砂（君津砂）	$F_c=1.1\%$ 、 $\rho_d=1.54\sim1.56\text{g/cm}^3$
	⑥ 砂質粘土	$F_c=77.6\%$ 、 $\rho_d=1.63\sim1.65\text{g/cm}^3$

3. 試験方法

凍上試験は地盤工学会基準（JGS 0171）²⁾ に準拠して、有効拘束圧（上載圧）の異なる試験を同時に行える写真-1 の3連式凍上試験装置を使用して行った。供試体はφ60mm×h40mmの円柱供試体とした。凍結速度と有効拘束圧の組み合わせを表-2 の5通りとし、各ケース1本ずつ試験を行った。

凍結過程では供試体上端温度をほぼ0℃に保ったまま、表-2 の目標凍結速度に極力近い凍結速度となるよう下端温度を所定速度で連続的に降下させて供試体全体を凍結させた。凍結完了（凍結線の上端通過）は上端温度の低下と給排水の停止により判断した。解凍過程では下端の温度を即時に20℃に設定し、供試体を強制的に解凍させた。凍結過程および解凍過程を通じて、供試体の鉛直変位と吸排水量を連続的に測定した。

4. 試験結果

4.1 凍結膨張率

目標凍結速度 $U=1.0\text{mm/h}$ のケースにおける全試料の有効拘束圧 σ と凍結膨張率 ξ の関係を図-1 に示す。図中の曲線は U =一定の場合の高志の式²⁾ によるフィッティング結果である。これから、①可塑状グラウトは今回の有効拘束圧の範囲では3~5%の凍結膨張率を示したが、②流動化処理土、③ジェット改良土の全拘束圧と④薬液改良土の $\sigma=350\text{kPa}$ 以上では、⑤君津砂と同様に凍結膨張特性をほとんど有していないことがわかる。



写真-1 凍上試験装置

表-2 試験条件

		拘束圧 (kPa)		
		100	350	600
(目標凍結速度 / mm/h)	0.5		○	
	1.0	○	○	○
	2.0		○	

キーワード 凍結工法 凍上試験 凍上特性

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 TEL042-489-6481

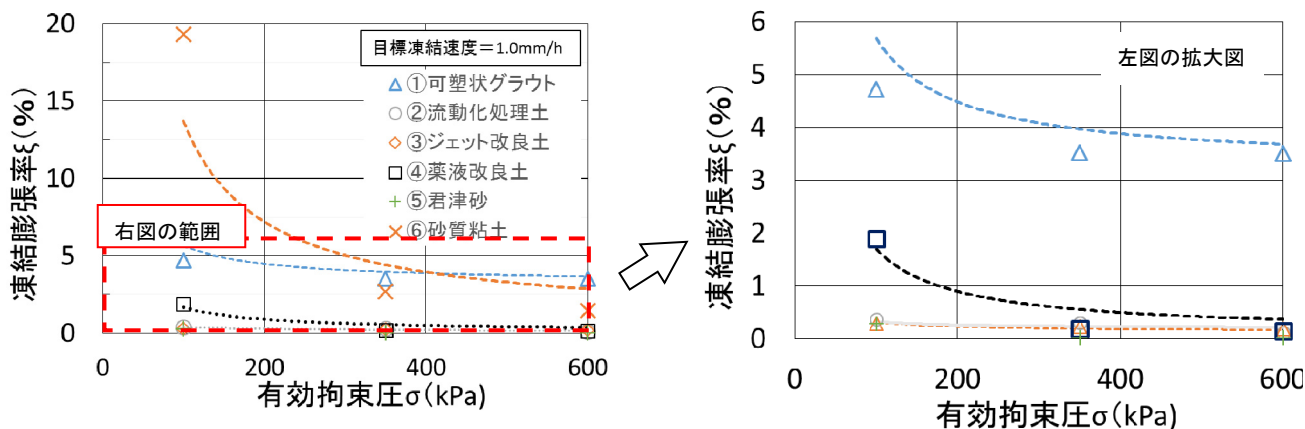


図-1 有効拘束圧と凍結膨張率の関係

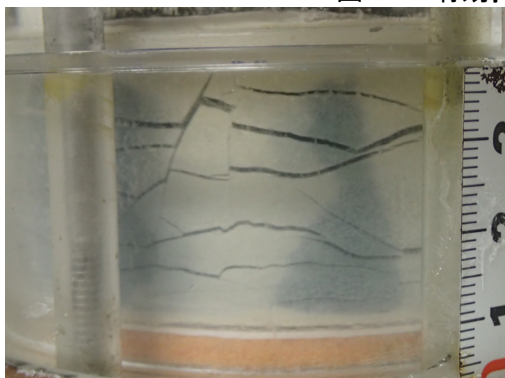
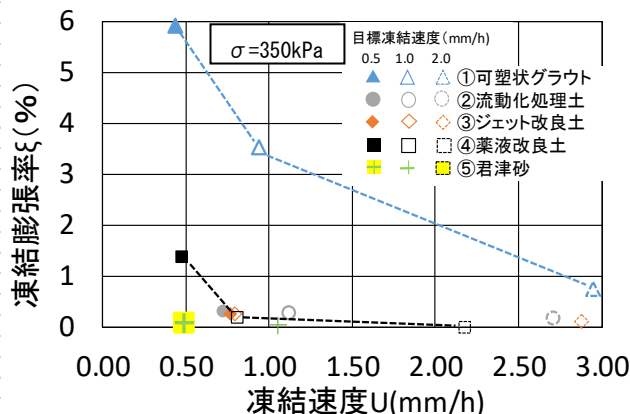
写真-2 試験後の可塑状グラウト ($\sigma=100$ kPa)

図-2 凍結速度(実測値)と凍結膨張率の関係

また、凍結膨張率の比較的大きかった①可塑状グラウトの供試体を写真-2に示すが、アイスレンズが発達していることがわかる。また、有効拘束圧 $\sigma=350$ kPa における凍結速度 U (実測値) と凍結膨張率 ξ の関係 (⑥砂質粘土を除く) を図-2に示す。①可塑状グラウトと④薬液改良土は U が大きくなると ξ が小さくなったが、他の試料についてはそもそも ξ が小さく、 U の影響は明確に見られなかった。

4.2 解凍沈下率

全試料について有効拘束圧 σ と解凍沈下率 ξ_d (凍結前を初期値とした圧縮率) の関係を図-3に示す(紙面の制約のため目標凍結速度 $U=1.0$ mm/h の結果のみを示す)。②流動化処理土、③ジェット改良土および④薬液改良土は解凍沈下率が 0.6%以下と小さかったが①可塑状グラウトは、比較対象として試験した⑥砂質粘土を上回る値(1~2%)であった。

5. まとめ

各種の改良土等(表-1の①~④)を用いて凍上試験を行い、以下の有用な知見が得られた。

- ①可塑状グラウトは凍結膨張率 ξ 、解凍沈下率 ξ_d とも4試料中、最大であった。
- ②流動化処理土および③ジェット改良土は、 ξ 、 ξ_d ともに小さく、砂と同程度であった。
- ④薬液改良土の ξ は $U=1.0$ mm/h 以上かつ凍結速度有効拘束圧 $\sigma=350$ kPa 以上では、②流動化処理土および③ジェット改良土と同程度に小さかったが、 U または σ が減少すると有意に増加した。

参考文献

- 田口翔大ら：各種改良土の凍結強度特性-凍土設計データベースの整備(その2)-, 土木学会第73回年次学術講演会。
- 地盤材料試験の方法と解説-2 分冊の1-JGS 0171-2009 凍上量予測のための土の凍上試験方法, pp.226-258, 2009。

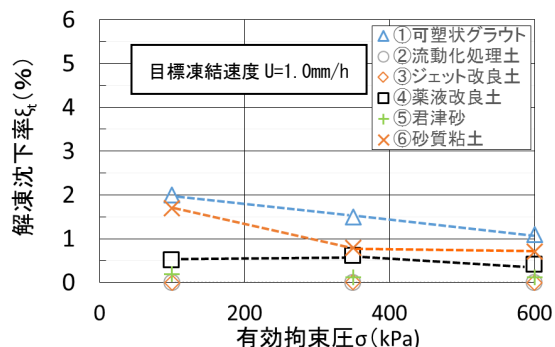


図-3 有効拘束圧と解凍沈下率の関係