

清水建設 技術研究所 正会員 後藤 茂
同 上 正会員 西尾 伸也

1. まえがき 本報告は原位置凍結サンプリングの信頼性向上のために行なった室内試験の結果を述べたものである。凍結サンプリングでは対象地盤を原位置において凍結させて試料を採取し、実験室内において融解した後に試験を行なう。したがって、試料の凍結融解による力学特性の変化を把握することが凍結サンプリングの信頼性検討のために必要である。筆者らは疑似不攪乱供試体を用いた室内試験により液状化強度におよぼす凍結融解の影響を明らかにしてきた。¹⁾²⁾³⁾ここでは、同じく動的変形特性に及ぼす影響について述べる。

2. 試験方法 試験装置は二重セル式の小型振動三軸試験機であるが、ベDESTALは任意の温度で冷却できるようになっており、供試体を一次元的に凍結させることができる。軸力はセル内のロードセルで、軸変位はBISON型変位計で測定し、体積変化は内セルの液面変化をギャップセンサーで測定することにより求める。図-1に試験機の概要を示す。

試料は豊浦標準砂にカオリンを加えたものを用いた。それらの配合は豊浦標準砂のみのもの、カオリンを5%および10%加えたものであり、それぞれをT00試料、K05試料、K10試料と呼ぶ。作成時の供試体の相対密度は85~90%程度である。

試料は図-2に示す手順で試験を行った。動的せん断履歴は供試体に不攪乱試料的な特性（通常の攪乱試料に比較して液状化強度やせん断剛性が高い）を与えるために行なったものであり、時松らの方法⁴⁾に準じて排水条件下で中歪の繰返しせん断履歴を加えている。加えたせん断力は試料ごとに異なるが、それぞれが両振幅軸ひずみDAが 1×10^{-3} になる値であり、両振幅体積ひずみもほぼ同じ値であった。凍結融解履歴では原位置凍結の状態を想定し、所定の拘束圧を作用させ、排水条件下で試料を一次元的に凍結させる。但し、融解は同じ拘束圧の下で供試体全周から融解させた。

動的変形試験は作成時の供試体（処女供試体）、動的せん断履歴後の供試体（せん断履歴後供試体）、凍結・融解履歴後の供試体（凍結履歴後供試体）のそれぞれについておこなった。試験時の拘束圧 P_c は 1.0 kgf/cm^2 である。

表-1 各試験段階での供試体の体積歪

試料	予圧密 載荷時	予圧密 除荷後	動的せん 断履歴後	凍結融解履歴 凍結時	凍結融解履歴 融解後
T00			0.1~0.3	0.0~0.02	0.0
K05	0.35~0.45	0.05~0.1	0.1~0.3	0.75~2.0	0.01~0.5
K10	0.35~0.65	0.05~0.2	0.3~0.5	1.1~3.6	0.01~0.6

単位は%、*凍結融解は拘束圧 $P_f=0.1 \sim 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の値

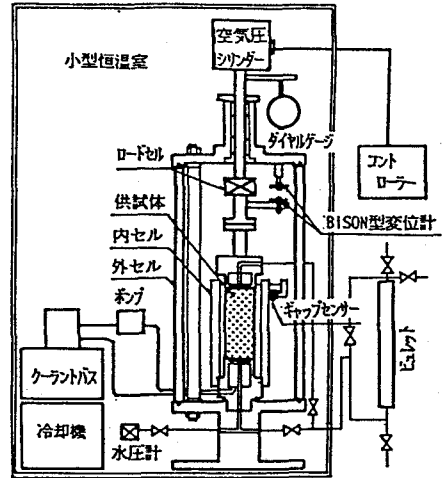


図-1 凍結融解の影響試験装置の概略図

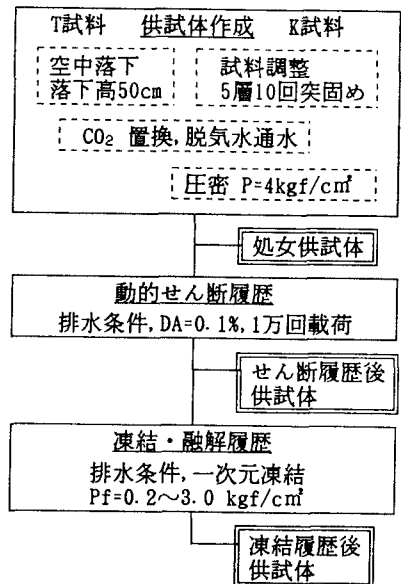


図-2 試験手順のフロー

3. 試験結果と考察 予圧密と動的せん断履歴

および凍結融解履歴時の供試体のひずみを表-1に示す。予圧密や動的せん断履歴により供試体の経験したひずみ量は体積ひずみ ϵ_v が0.3~0.6%、軸ひずみ ϵ_a が0.2~0.3%程度であり、試料毎に顕著な差はなかった。それに対し、凍結時の試料の膨張量は試料の粒度や拘束圧により異なり、凍結膨張をまったく生じないものから、約4%（体積歪）膨張したものまであった。また、その量は細粒分が少ないものほど小さく、また、拘束圧が高いほど小さかった。なお、ほとんどの試料の残留体積ひずみ（融解後拘束圧を戻した状態）は小さかった。

動的変形試験によって求めた凍結履歴後供試体の剛性低下曲線を図-3に示す。

せん断剛性の低下曲線の形は試料によって顕著な差はないが、微少歪でのせん断剛性 G_0 の値は異なっている。T00試料は凍結履歴後供試体の G_0 がせん断履歴後供試体のものとほとんど変わらないが、K05試料とK10試料では凍結融解時の拘束圧 P_f が低いものほど G_0 の値が小さくなった。これらの試料は既報で液状化強度を報告してあるが、液状化強度が小さくなっているものほどせん断剛性も低下している。図-4はすべての試料の G_0 と液状化強度（DA2%、載荷回数20回）の関係を示したものである。両者の間に直線的な関係が見られ、液状化強度の変化を G_0 の値から推測できる可能性を示唆している。一方、減衰定数や図-5に示す G_0 で正規化した剛性低下曲線は試料や凍結融解時の拘束圧の違いによる差はあまり見られなかった。

4. まとめ 豊浦標準砂にカオリンを加えた攪乱試料に排水条件下で動的なせん断履歴を加えることにより疑似不攪乱試料の特性をもった試料を作り、凍結・融解を行なつて動的変形特性の変化を検討した。その結果、試料の粒度と凍結融解時の拘束圧によっては G_0 の値が変化する場合があることが明らかになった。またその G_0 と試料の液状化強度にきわめて良い相関があることがわかった。このことは G_0 やせん断波速度を用いたサンプリング試料の品質評価の妥当性を示しているとともに原位置における液状化強度のより精度の高い推定法の可能性を示唆しているといえよう。

[参考文献] (1)後藤・赤川・宇部(1987);「砂質土の液状化強度に及ぼす凍結・融解の影響」、第22回土質工学研究発表会、(2)後藤・西尾(1988);「砂質土の液状化強度に及ぼす凍結・融解の影響 その2」、第23回土質工学研究発表会、(3)後藤・西尾(1989);「砂質土の液状化強度に及ぼす凍結・融解の影響 その3」、第24回土質工学研究発表会、(4)時松・保坂・吉見(1985);「弾性せん断剛性を用いた砂試料の質評価の可能性について」、昭和60年度サンプリングシンポジウム

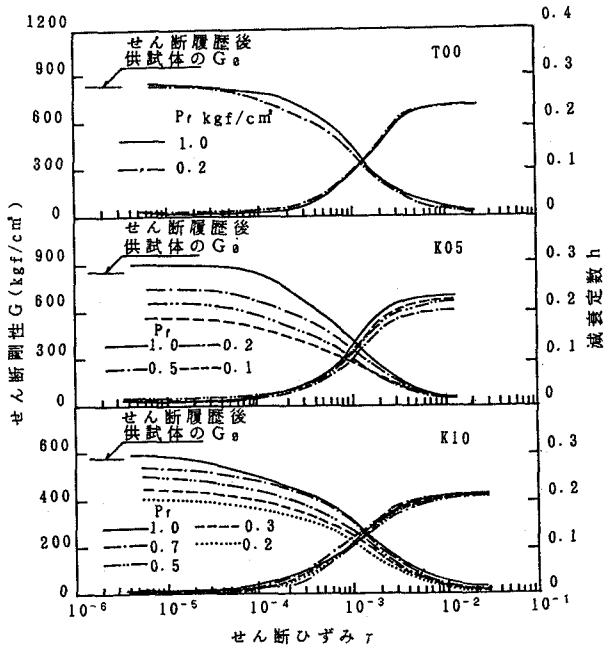


図-3 凍結履歴後試料のせん断剛性及び減衰定数とせん断歪の関係

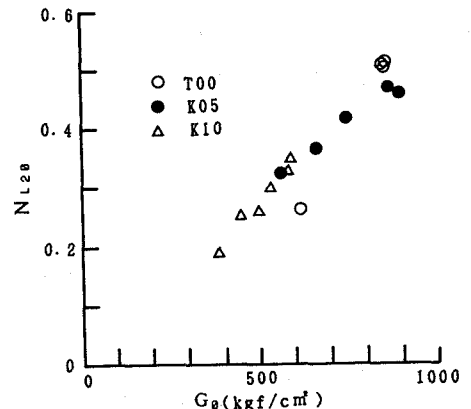


図-4 液状化強度とせん断剛性の関係

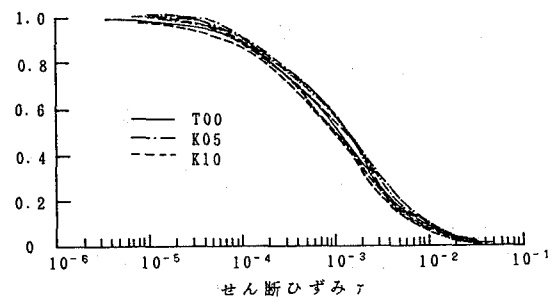


図-5 正規化したせん断剛性とせん断歪の関係