

土の凍結膨脹に関する一考察

駒鴻池組技術研究所 正員 中澤重一
 同 上 新田喜宣
 同 上 正員 ○大北康治
 同 上 柚木孝治

1. まえがき

LNGタンクの設計に用いる凍上変位・凍結土圧の算定の基本となる凍結膨脹率は、室内凍結膨脹試験の結果を参考にして決定されているが、凍結速度を一定にする装置は一般に高価であり、凍結前線の進行をミクロに観察した報告も少ない。本報告は、廉価な試験装置を試作し、肉眼によつて凍結前線の進行を観察整理した結果に関する考察である。

2. 試験装置および試験方法

図-1に試験装置を示す。供試体寸法は直径61mmで高さは50~55mmの内柱である。冷却方法は冷媒にエチルアルコールを用い、ドライアイスによつて供試体の下面より冷却する。試験は20℃の恒温室内で行い、温度制御は冷却槽の温度計に従い手動でドライアイスを出し入れすることによつて行つた。その結果、

図-2下段に示すように、冷却槽内は-70℃までの任意の温度設定に対し±2℃程度の制御が行えた。凍結前線進行の観察は、軟質ウレタンフォームに設けたスリットを拡げ透明アクリルモールドを通し肉眼で行つた。砂など、凍結前線が肉眼では明確に観察できないものは、直径1mmの透明チューブにメチレンブルー水溶液を封入したインジケータをモールド側壁に設置し観察した。上載圧は載荷棒によつて載荷でき、吸排水量はビュレットによつて計測する。試験器は、載荷ピストンに設けたボラスストーションを通して間けき水の吸排水が自由なオープンシステムの試験と、外部との吸排水を許さないクローズドシステムの試験が行える。

試験方法は、砂質土の場合自然乾燥状態の供試土をスプーンで水中に注ぎ入れた後、スプーンの柄で突き固めた供試体を使い、粘性土の場合には、液性限界の1.5倍程度の含水比のスラリーを入れ、一次圧密が充分終了（この場合は24時間圧密）するまで0.14 kg/cm²で圧密した供試体を用い試験を始めた。

3. 試験結果および考察

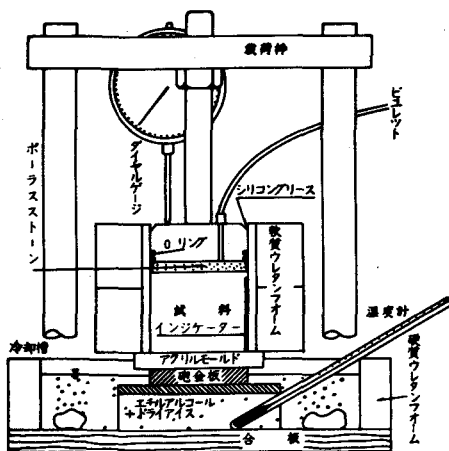


図-1 室内凍結膨脹試験装置

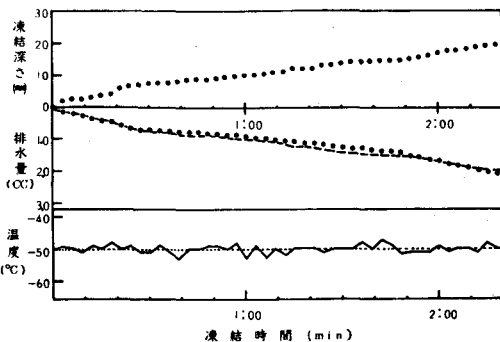


図-2 標準砂の凍結膨脹試験

以下に述べる試験結果は、凍結速度と吸排水量あるいは凍結膨脹量との関係を調べたものであり凍結時の上載圧は0である。図-2は標準砂を体積率¹⁾ $x = 0.38, y = 0.62$ でモールドに詰めた供試体の凍結試験結果を示している。白丸は実測値を示し、排水量の図中に点線で示されているのは凍結部の間げき水の膨脹分を体積含水量の9%とした場合の計算値である。凍結膨脹は生じず、実測値と計算値に良い近似が見られるのは、間げき水の凍結膨脹分がすべて系外に排出されたためである。

図-3はシルト($x = 0.58, y = 0.42$)の凍結試験結果を示している。凍結が一定速度で進行しない場合、凍結経路によつて凍結膨脹がどのように変化するかを調べた。白丸は当初の30分を -7.0°C で凍結させ約30分の遷移区間を経た後 -3.5°C で凍結させたものを示し、黒丸は -4.0°C で最後まで凍結させたものを示している。供試体は多くのアイスレンズを生じた。主なアイスレンズの発生時点・発生時期を図(d)に矢印で示す。アイスレンズ発生に伴い凍結前線が停滞あるいは後退する傾向がみられる。なお、図(c)の凍結深さはアイスレンズを含めた凍結部の深さを示し、図(d)の凍結前線位置は凍結深さから凍結膨脹量を差し引いたものを示しており、曲線の傾きは凍結速度²⁾を示している。ミクロに考察した場合、凍結速度と凍結膨脹量の間に明確な一義的關係は見出せなかつた。図(b)に実線で示したのは吸水量を凍結膨脹量に換算した曲線である。間げき水の凍結膨脹分を加えても実測値には一致しなかつた。この場合

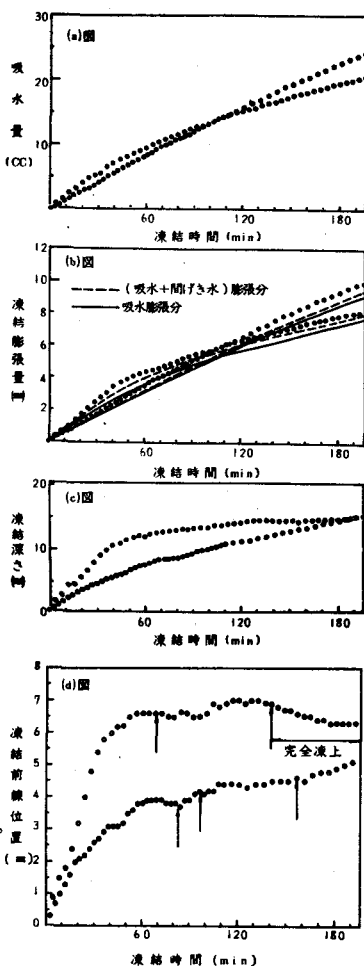


図-3シルトの凍結膨脹試験

は予測値が実測値を下回つたが、上回る場合も少例あつた。実測値が予測値を下回るのは凍結土中の不凍結水分が関連し、上回るのは未凍結部分よりの吸水が関連していると定性的には考えられる。

4. あとがき

凍結前線の進行に着目して凍結膨脹試験を行つたが、上載圧が0であるためにアイスレンズが多数生じ凍結前線のミクロな進行速度が把握しがたい結果に終つたが、この種の簡単な凍結膨脹試験器でも凍上量の予測に充分利用できるのであろう。凍結前線の進行が等速度で進行することは極めてまれであり、特にアイスレンズが多く生じる場合には、凍結膨脹量を凍結速度で表現する従来の手法には吟味の余地があると思われる。

参考文献：1) 中沢・大北・山本「土の相の体積率表示の意義とその利用」第32回土木学会年次学術講演会概要集、第3部、PP.107~108。2) 高志・益田・山本「土の凍結膨脹率に及ぼす凍結速度、有効応力の影響に関する研究」雪氷36巻2号