

清水建設(株) 土木技術部 正員 山田正男

1. まえがき わが国で実施されてきた地盤凍結工事では、工事終了後における凍土の自然解凍状況(自然解凍中の凍土内温度・地表面の沈下など)を周到に計測した報告は、ほとんど見られない。この主な理由は、工事終了後、ただちに本体構造物の実用態勢となるので、自然解凍状況測定的位置と時間、かなり制限されて十分な計測計画がたてられないものと思われる。本文は、特に軟弱土の凍結による凍土の自然解凍状況を200日程度計測した報告である。

2. 凍結管・測温管の配置と土質 図-1は凍結管(φ76.3 mm)、測温管(φ48.6 mm)の配置図である。凍結管は直径3 mの円周上に52.36 cmピッチに配置して、地表から6 mまで埋設した。測温管は図示のように50 cmピッチに配置して、地表から8 mまで埋設した。測温管内には、比重1.26の塩化カルシウム溶液(-38.6℃の凍結温度)を充填し、対流止めを設置した。

図-1. ㌞. に土層構成を示す。深度7.4 mまでは軟弱粘土で、7.4 m以深は堅い土丹である。地表部の埋土は、単位体積重量が1.7 t/m³程度の小礫まじり土丹すりで、下層の粘土よりかなり堅い。表-1は乱さない軟弱粘土の土質試験結果である。

採取深度	m	3.0~3.8	4.0~4.8
自然含水比 w_n	%	81.2	82.1
土粒子比重 G_s		2.67	2.71
湿潤密度 γ	g/cm ³	1.56	1.58
飽和度 S_r	%	104	103
粒度分析	砂分	5	9
	シルト分	50	51
	粘土分	45	40
三角座標分類名		粘土	粘土
液性限界 w_L	%	81.8	81.9
塑性限界 w_P	%	26.8	32.7
一軸圧縮強度 q_u	kg/cm ²	0.31	0.34
変形係数 E	kg/cm ²	14.7	15.0
静止土圧係数 K_0		0.79	

表-1 軟弱粘土の土質定数

3. 地盤冷却・解凍の概要 使用した冷凍機は、31.76冷凍屯の冷凍能力で、凍結管内に-20℃のブラインを循環させて、12月10日から翌年の2月15日まで地盤を冷却した。2月15日時点における最終凍結領域を図-1、㌞.に点線で示す。

冷凍機の運転停止以後は、自然解凍とし、200日間程度を凍土内温度と地表面沈下の測定期間とした。

4. 測定結果 (1) 凍土の自然解凍 図-2は、冷凍機停止(2月15日)以後における深度3、5 mにおける測温結果である。凍土内温度は測温管 NO.15~18で、凍土外周温度は測温管 NO.12~14で把握される。片対数座標上で示す凍土内温度は、-2℃で明らかな折点となることが見出される。この-2℃は、この土の凍結温度-2℃によく合致するので、結局、この凍土の解凍温度は-2℃とみられる。一方、凍土内温度が-2℃に近づくまでは、凍土外周温度は緩慢に低下するが、その後は、上昇することも見出される。

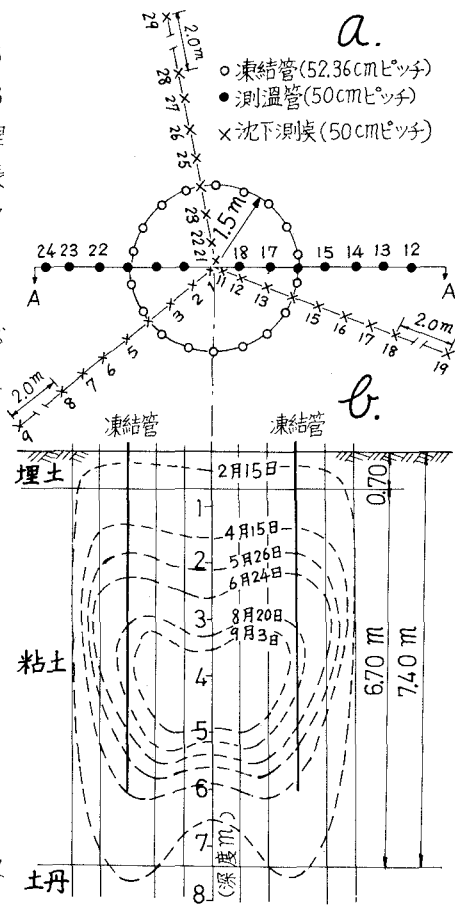


図-1 凍結管、測温管および沈下測定の配置平面図(a), a.図のA~A断面図, および土層図(b)

なお、図-1. 6. には、経日解凍領域を実線で示す。図に示す5月26日の、自然解凍日数100日に相当する。

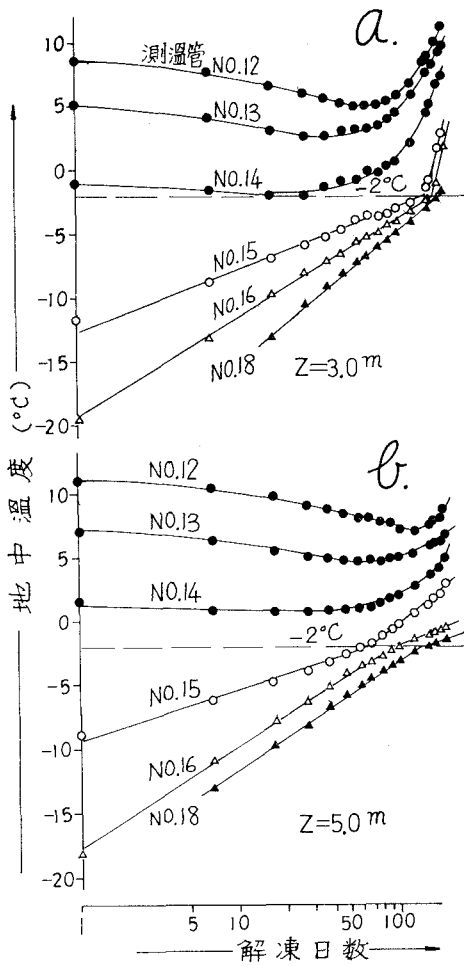


図-2 深度3m(a), 5m(b)の経日地中温度

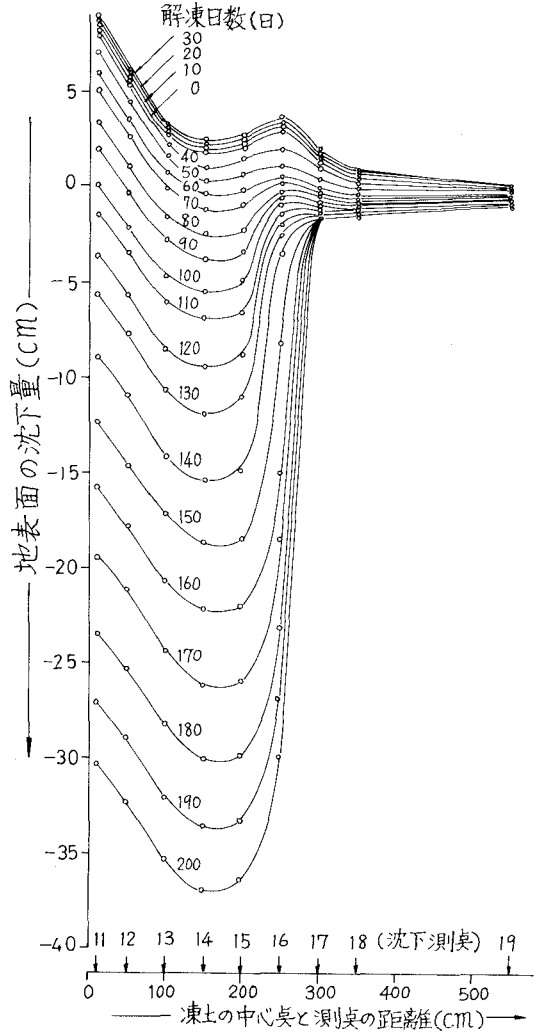


図-3 地表面の経日沈下

(2) 地表面の沈下 図-3は凍土の解凍に伴う地表面の経日沈下である。図-3を解凍日数の平方根と地表面の沈下座標上に書直すと図-4となる。

原地表面からの沈下は、解凍日数100日頃までは無視できるほど小さいが、100日頃以後では顕著に大きい。この大きく現われる沈下と解凍日数の平方根との間には、次のような簡単な関係が見出される。

$$\delta = C(\sqrt{D} - \sqrt{D_0})$$

ここに、 δ は原地表面からの沈下(cm)、 C は定数、 $D_0 \approx 100$ 日、 $D_0 \leq D \leq$ 解凍終了日数である。

5. あとがき 凍土の自然解凍日数はかなりかわるとともに、特に軟弱粘土では解凍に伴う沈下が顕著に現われるので、この沈下対策を事前に考慮する。

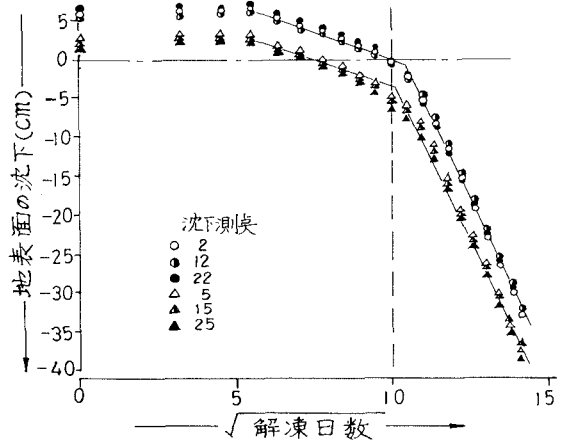


図-4 解凍日数の平方根と地表面の沈下関係