

東京電力㈱ 正員 ○中山 武樹
" " 坂本 幸男
" " 鈴木 英世

1. まえがき

近年、電力土木の分野において、L N G地下タンク周辺土の凍上問題が取扱われているが、土の凍上については、最近有力視されている吸着理論を含めた研究成果も数多く発表されているようである。

こうしたすう勢から、凍上のメカニズムの精確な解明が鋭意進みつつあるといえる一方、工学的には現場での簡便な凍上性の判定法も強く望まれるところである。本報告では、凍上に影響を及ぼす指標の一つとして土の遠心含水当量に着目し、供試体による凍結実験を通じて二、三の考察を試みたものである。

2. 実験概要

実験の概要は次の表－1 に示す通りである。

表－1 実験概要

名 称	実験装置	試 料 土	供試体寸法	冷却方式	上載圧	主 な 調 査 項 目
大型実験	図－1 に示す	VH ₂ MH-SM	300×300×300 ^{mm}	上部冷却	2 Kg/cm ²	供試体内温度・凍結速度・凍上量・凍上率・試験後含水比
小型実験	図－2 に示す	"	φ100×200 ^{mm}	下部冷却	0	"
標準実験	図－3 に示す	MH・SM	φ100×50 ^{mm}	"	※	凍上量・凍結膨張率・吸排水率

※ 標準実験では、凍結速度と上載圧を組合せたパラメータを用いた。

また、実験に用いた試料土（3 種）の土質試験結果及び遠心含水当量試験（J I S に準拠）結果は表－2 に示す通りである。

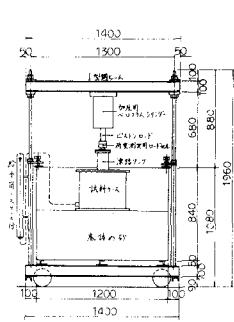


図-1 大型実験装置

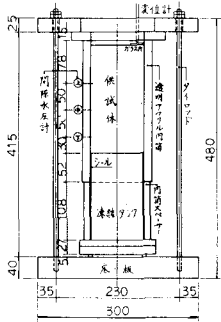


図-2 小型実験装置

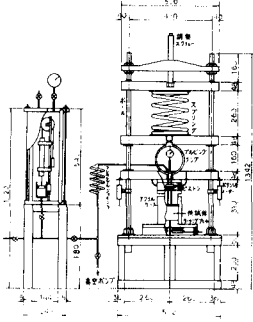


図-3 標準実験装置

3. 実験結果

大型、小型実験の凍上率と凍結速度の関係を図－4・5 に、大型実験終了後の含水比分布の一例（VH₂）を図－6 に示す。また、標準実験の凍上量と吸水量の経時変化を図－7・8 に、凍結速度 vs（凍結膨張率 ξ・吸排水率 ξw）を図－9・10 に、有効応力 vs（凍結膨張率・吸排水率）を図－11・12 に示す。これらのうち、標準実験のデータより高志の実験式の土の固有定数を算出すれば次の表－3 の通りである。

表－3 土の固有定数

$$\xi = \xi_0 + \frac{\sigma_0}{\sigma} \left(1 + \sqrt{\frac{U_0}{U}} \right)$$

	ξ_0	σ_0	U_0
MH	1.7 0	1.3 0	3 6 6
SM	0.7 0	0.025	11,000

表 2 試料土の土質試験結果

試料土名(日本標準土質分類)		VH ₂	MH	SM
土 質 名		火山灰質粘性土	粘土質粘性土	シルト質砂
比 重		2.779	2.771	2.686
天然含水比		122.3	57.9	30.7
液 性 限 (2000A以上)		0	0	0
塑 性 限 (74-2000A)		7.0	22.0	69.9
CAS (74-5)		5.4	9.2	23.9
新 規 (5.4, 63)		3.8	26.0	6.0
飽 和 膨 脹 率		—	0.84	0.84
吸 水 係 数		—	—	9.2
凍 結 膨 脹 率		183.4	73.4	26.2
凍 結 膨 脹 率		129.7	35.9	31.2
凍 結 膨 脹 率		43.7	37.5	5.9
遠 心 含 水 当 量		78.9	48.9	24.6

前式において、 ξ ：凍結膨張率、 σ ：有効応力、 U ：凍結速度、である。

実験結果から速心含水当量と凍上性の関係について考察し、要約すれば次の通りである。

- ①大型、小型実験によると、実験に用いた凍結速度の全領域において、凍上率の大きい順に $VH_2 > MH > SM$ となる。また、速心含水当量の値もこの順となる。②大型実験終了後の供試体（3 試料）の含水比分布によると、それぞれの最大値は $VH_2 > MH > SM$ の順であり、小型実験についても同様の傾向であった。これより速心含水当量が多いほど吸水能力も大きいといえる。③標準試験から、凍上量、吸水量、さらに有効応力と凍結速度をそれぞれ一定とした場合の凍結膨張率との関係においては、 MH が SM より大きな傾向を示している。④従来からの凍上判定法の一つであるキャサグランデの方法によれば、 VH_2 と MH が「普通ないしきわめて大」、 SM が「わずかないし大」であり、本実験結果ともほぼ適合する。

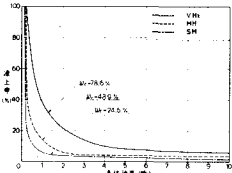


図-4 凍上率と凍結速度の関係 (大型)

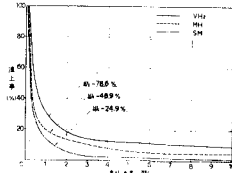


図-5 凍上率と凍結速度の関係 (小型)

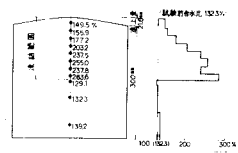


図-6 実験終了後の含水比分布 (大型・ VH_2)

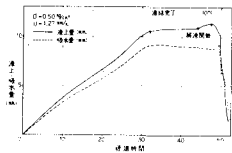


図-7 凍上・吸水量の経時変化 (MH)

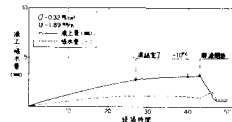


図-8 凍上・吸水量の経時変化 (SM)

- 図-9-12において
○：凍結膨張率
△：同上(繰り返し凍結)
●：吸排水率
▲：同上(繰り返し凍結)

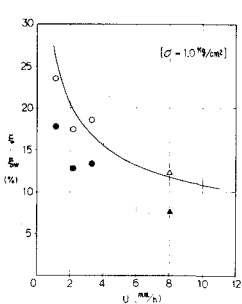


図-9 $\xi \cdot \xi_w$ と U の関係 (MH)

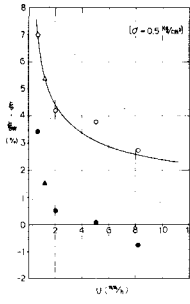


図-10 $\xi \cdot \xi_w$ と U の関係 (SM)

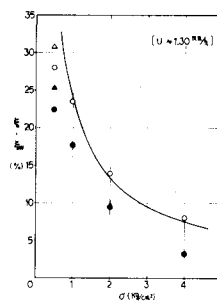


図-11 $\xi \cdot \xi_w$ と σ の関係 (MH)

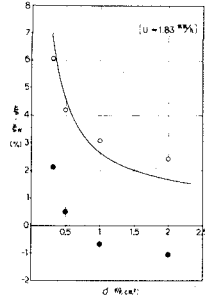


図-12 $\xi \cdot \xi_w$ と σ の関係 (SM)

4. むすび

以上のような速心含水当量と凍上性との関係を得たが、速心含水当量は表面張力や毛管上昇力の一つの指標であると考えられるので、今日の凍上理論の大勢の中にあっては論拠がやや薄弱といわざるを得ない。したがって本報告の適用範囲には十分な配慮が必要ではあるものの、現場で迅速第一に凍上性を判断する場合の一方法として提案したい。今後はさらに諸データの蓄積が望まれるところである。

<参考文献>

- 高志，益田，山本（1974）：土の凍結速度に及ぼす凍結速度，有効応力の影響に関する研究「雪氷」36巻2号
- 高木俊介（1980）：凍上の吸着力理論