

Ⅲ－B354

ステップ凍上試験における温度勾配の影響

ライト工業 正会員 岬 誠一・大谷建設 森脇省吾
 摂南大学 正会員 伊藤 譲・学生員 広瀬 剛

1. はじめに

現在、自然凍上の分野では土の凍上性評価のため、両端温度（ T_c/T_w ）が一定のステップ凍上試験が行われている。例えば、JHS では空冷式の装置を用いて、 $\phi 150\text{mm} \times h 125\text{mm}$ の供試体で、氷核形成を -15°C で1時間、その後は低温側温度 T_c を -6°C 、高温側 T_w を $+3^\circ\text{C}$ で144時間試験を行っている。しかし、その温度設定の根拠は明らかにされていない。ところで、Konrad の提案した SP 理論では、SP は吸水速度 V_w とフリンジの温度勾配で定義されるため T_c/T_w は自由に設定できる。この報告では、温度勾配を変化させた一連の凍上試験の結果より、ステップ凍上試験における温度勾配（両端温度）の影響を考察する。

2. 試験方法

凍上試験装置は、アクリルセル（ $\phi=100\text{mm}$ 、 $t=30\text{mm}$ ）、冷却バス3台、載荷装置、給水ビン、電子天秤等から成る（図1）。上下冷却プレートとセル側面には温度センサーが配置されている。セルの外側はスタイロフォーム（ $t=80\text{mm}$ ）で断熱され、常温の室内での試験が可能である。給水量は電子天秤で重量変化を測定する。今回の実験で用いた試料土は $425\mu\text{m}$ フルイ通過の藤の森粘土（表1）であり、液性限界の約1.2倍の含水比で練り混ぜ、真空にて脱気したものを $\phi 100\text{mm}$ のモールド内で 1.0kgf/cm^2 で予圧密した。凍上試験前に、所定の荷重が載荷され、上下冷却プレートには T_w に設定された不凍液が循環された。供試体温度が T_w で安定し、給水ビンの重量変化が収まるのを待ち、凍上試験を開始した。最初の3分間、 -15°C に冷却した不凍液を T_c 側プレートに循環させて氷核を形成させた。その後、 T_c 側プレートには所定温度に設定された不凍液を循環させた。表2に今回実施した凍上試験の条件と試験前後の状態を示す。

3. 結果と考察

図2に示すとおり温度調整のトラブルのあった TEST14 において T_c 側に乱れが生じているが、その他はほぼ一定温度であった。図3に示す全凍上量 h 、吸水量から計算した h_s とともに、温度境界条件により凍上試験結果が大きく異なっている。また、試験開始直後から h は生じるが、 h_s は初期の排水からその後の吸水に転じる状況が観測される。図4には温度勾配最大の TEST10 と最小の TEST14 における凍上速度 V_h と吸水速度 V_w の関係を示す。これより試験開始後700分頃までは土自体の水分の凍結による凍上の生じていることがわかる。また、初期含水比、 $V_h/1.09$ と V_w より凍土部分の不凍水量の推定も可能であり、TEST10 では約30%、TEST14 では約60%であった。つまり、温度勾配が大きい（ T_c が低い）ほど不凍水が少なく、 h が大きくなる。

図5には各試験における凍土部分の温度勾配 G_f 、凍上速度 V_h 、吸水速度 V_w と V_w/G_f の関係を示す。(a)より G_f は試験開始直後から急速に低下するが、500～1000分経過後に凍結面の進行が止まってからは変化が緩やかになる。(b)と(c)より V_h, V_w 共に試験の開始直後に急激な変化を示す。Konrad は凍上性のパラメーター $SP = V_w/G_{ff}$ で定義しているが、(d)では G_{ff} の代用として G_f を用いて整理した。これより V_w/G_f は温度勾配の緩い試験では概ね一致していると言えよう。(e)では、凍結面の進行がほぼ停止した500分経過時の V_w と G_f の関係を示すが、温度勾配が小さい領域で V_w と G_f の比例関係が成立する結果となった。

4. まとめ

ステップ凍上における温度勾配の影響が調べられた。その結果、①温度勾配（または T_c ）は土自体の水分の凍結による凍上量に影響を及ぼす、②実験に用いた土では温度勾配が大きいと V_w と G_f の比例関係が成立しない結果が得られた。

キーワード：凍上、試験方法

〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8 摂南大学工学部土木工学科 0720-39-9701

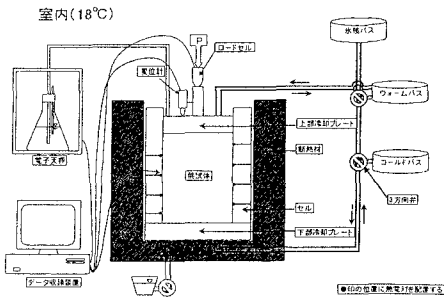


図1 凍上試験システム

表2 凍上試験条件

				TEST7-2	TEST8	TEST9	TEST10	TEST14	
試験条件	試験体	試験前	試験後	TW (℃)	3.38	1.55	0.85	7.01	0.44
				TC (℃)	-3.51	-1.93	-0.88	-6.96	-0.69
				上載圧力 (kgf/cm ²)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
				予圧密 (kgf/cm ²)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
				供試体高さ (mm)	92.5	92.2	92.6	92.8	92.4
				初期含水比 (%)	39.9	38.9	38.6	39.5	39.4
				供試体高さ (mm)	101.5	101.7	98.8	102.8	96.2
				凍土高さ If (mm)	47.9	44.2	24.6	56.8	21.4
				未凍土高さ lu (mm)	51.4	58.5	73.1	46.0	75.2
				未凍土含水比 (%)	37.7	38.4	37.9	37.7	38.7

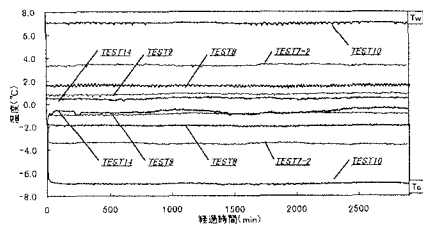


図2 Tw/Tcの変化

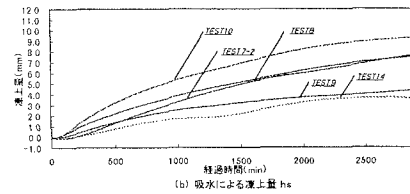
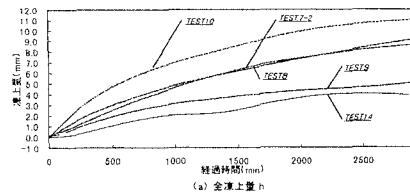


図3 全凍上量と吸水による凍上量

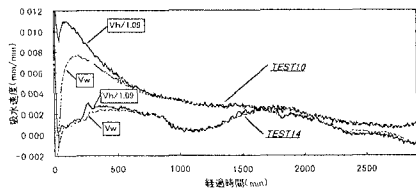


図4 VhとVwの比較例

表1 試料土の物理特性

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.580
液性限界WL (%)	42.4
塑性限界WP (%)	19.8
D60 (mm)	0.042
D50 (mm)	0.03
D30 (mm)	0.013
D10 (mm)	0.002
粘土分 (%)	16.2
シルト分 (%)	66.2
砂分 (%)	17.6

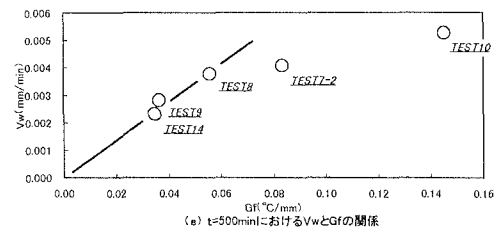
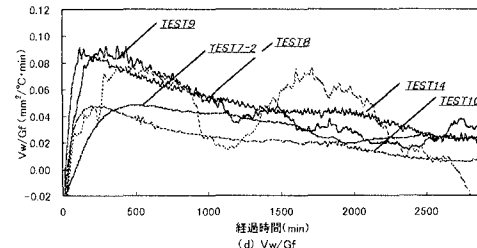
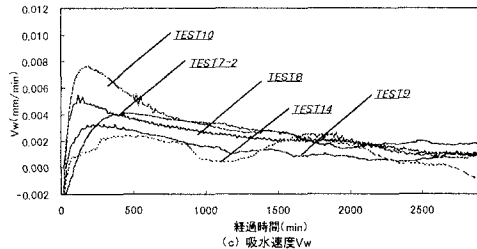
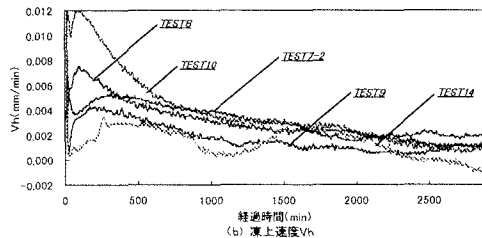
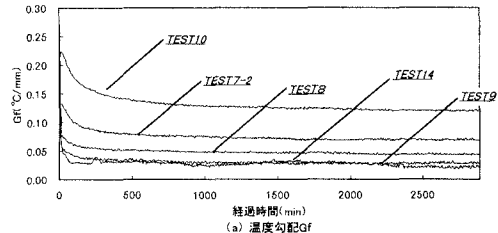


図5 VhとVwの比較