摂南大学 学生会員 植田 剛士・正会員 伊藤 譲東京舗装 太田 亘栄 ・ フジ地中情報 辻 亘

1.はじめに

道路等を対象とする自然凍上の予測を行うために信頼性のある凍上試験方法の確立が急がれている。凍上 試験はその冷却方法により両端面温度一定のステップ式、両面の温度を降下させるランプ式、そして今回報 告する片面温度降下式に大別される。ステップ式凍上試験は北海道開発局等で長く用いられている方法であ り、我々も昨年に温度勾配と上載荷重の影響について報告している¹)。今回は片面温度降下式凍上試験にお いて、上載荷重を変化させた一連の試験を行い凍上性の評価方法について検討を行った。

<u>2.試験方法</u>

凍上試験には1次元凍上試験装置¹⁾を使用した。試料は 425 μm フルイを通過させた藤の森粘土を用い、その物性 値は密度2.58 g/cm³、粘土分16.2%、シルト分66.2%、LL 42.4%、PL 19.8%で、土質分類はシルト質の土(ML)であ る。供試体はこれを液性限界の1.5 倍の含水比で練り混ぜ 脱気したものを 100 mm モールドにより98.1 kPa まで4 段階載荷で予圧密して作成した。その後、長さ50 mm に整 形しセルに入れられた。セル側面には5 mm 間隔に開けら れた細孔(0.1)に10本の熱電対が挿入されている。そ の他変位や吸水量、荷重等が測定可能である。

試験では、まず上下部プレート(Tw、Tc)温度を+0.5 に設定し供試体温度分布が一定となった後、下部のTcを 0.1 /hの割合で降下させた。なおTc=-0.3 となった時に、 -15 の不凍液を下部に3分間循環させ氷核形成を行った。 その後-0.3 より再び0.1 /h で温度降下させ、Tc=-5.0 に達した後一定温度で5時間維持して終了した。今回の試 験条件を表1に示す。

3.結果と考察

図1は側面温度変化の一例である。片面温度降下式凍上 試験では冷却面温度一定降下に伴う凍土側温度勾配は、終 始一定のまま降下することが予想されていた。しかしこの 結果では試験の進行に伴い温度勾配が大きくなっていた。 凍上量hについては図2に示した通り上載荷重は凍上量を 抑制していることがわかる。凍上はすべての試験において 氷核形成直後からほぼ一直線に2000 min 付近まで増加し ていた。しかし図3に示した凍上速度 Vhの変化からも明 らかであるが、2000 min 前後において T24-2 では急激な増 加に転じており、それ以外では減少に転じている。

キーワード:凍上試験法、凍結速度、温度勾配

〒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 072-839-9701

表1 凍上試験条件

			T 20-2	T 24-2	T 25	T 26-2	T 30
試験条件		予圧密(kPa)	98.1	98.1	98.1	98.1	98.1
		上載圧力(kPa)	49.0	9.8	24.5	88.2	19.6
		Tw ()	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5
		$T_{-}()$	'0.0'	'0.0'	0.0	0.0	'0.0'
		10()	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0	-5.0
供	前	供試体高さ(mm)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
	後	供試体高さ(mm)	56.9	76.2	61.0	54.1	60.0
試		凍上量 h (mm)	7.9	25.5	11.5	5.6	9.8
体		凍土高さl _f (mm)	55.3	69.9	55.8	52.6	58.2
		未凍土高さlu(mm)	1.6	6.3	5.2	1.5	1.8





図2 凍上量 h 0 比較



図4は側面温度から求めた0 位置から凍上量hを差 し引いた値 Df を凍結面として、その進行速度 dDf/dt の 100 min 平均を 10 分間隔でプロットしたものである。こ れより凍結面の進行速度は時間と共に減少し、2000 min 付近では殆ど停止していることが伺える。つまり片面温 度降下式凍上試験ではステップ式凍上試験と同様、試験 の前半に凍結面が急速に進み、試験後半では Df の進行 がTw に妨げられていると言える。このことは Vh と吸水 速度 Vw との比較よりも明らかである²⁾。また Vh の減 少は試験後における未凍土高さ l_u (表 1) が T24-2 に比 べ短いことから、試験後半凍結フリンジが上部プレート に達しポーラスメタルの一部を凍結させたか、フリンジ の一部が後退したためと考えられる。

次に、dDf/dt と Vh の関係を図 5 に示す。これは試験 中の Vh を 100 min 間隔で平均し、それぞれの時点での dDf/dt と比較したものである。これによると T24-2 は dDf/dt が低下するにつれ Vh は上昇していくのに対し T20-2 は低下傾向にあり、全く正反対の結果となった。 さらに dDf/dt が 0.01 (mm/min) 以上では Vh がほぼ一定 であった。

そこで凍上性判定の一案として、上載荷重 に対して Vh、Vw の関係を高志の方法を参考に整理した。今回の 試験では試験後半における Vh の大きな変動のため、最 終凍上量が大きく異なった。したがって試験の最終凍上 量を用いての凍上性判定には疑問が生じる。そこで Vh が安定していた 700 min での Vh、Vw と 1/の関係につ いて図6に示すようにまとめてみた。VwがVhより全体 的に低く現れているのは、凍結面が進行途中のためであ る。

最後に過去行ったステップ式凍上試験¹⁾と片面温度降

下式凍上試験において、700 min での SPw=Vw/gradT と上載荷重の関係⁴⁾を図7で比較する。両方の試験に おいて傾きは多少違うが、上載荷重の増加が SPw の減少につながっている。異なった冷却方法においても適 切に凍上試験結果を解釈すれば凍上性は一致するものと考えられた。

4.まとめ

今回行った一連の片面温度降下式凍上試験の結果(Tc=-0.1 /h)について次のように結論付けられる。 (1) 試験開始 2000 min 付近での凍上速度の変動は最終凍上量に大きな影響を及ぼす。(2) そこで 2000 min 以内における Vh や Vw による凍上性評価の方法を提案した。(3) ステップ式凍上試験と片面温度降下式凍 上試験の結果は適切に解釈することで同じ凍上性評価の得られる可能性が示された。

(参考文献) 1) 植田 他:ステップ凍上試験における上載荷重の影響、第35回地盤工学研究発表会講演集、2000.6(予定)

2) 伊藤他:片面温度降下式凍上試験による土の凍上性評価について、第35回地盤工学研究発表会講演集、2000.6(予定)

3) 高志 他: 土の凍結膨張率に及ぼす凍結速度、有効応力の影響に関する研究、 雪氷、 第36巻2号、 pp.1-20、 1974

4) J.-M.Konrad : Effects of applied pressure on freezing soils, Canadian Geotechnical Journal, vol.19, pp.494-505, 1982



図7 SPwと上載荷重0比較