

北見工業大学工学部 正員 末岡 伯 従

1. まえがき

一軸圧縮試験と凍上試験とを並べて見た場合に、いくぶん関連性はうすい感じを持たれる可能性は大きい。

土にセメントを混合して考えると、セメント量の増加で強度を増し、含水量、養生日数などで土の性状が変化することによって一軸圧縮強さと凍上性の関係は生じてくる。同時に一方で考えられるのは凍上現象であるが、これは多くの文献などで著わされている。一般に過冷却状態にある土粒子の吸着水が氷の結晶となつて凍結線上へ延びる、いわゆる氷晶の分離を起し、力が働く。これに抵抗するのは土粒子と吸着水分子との分子引力であり、土丘であり、これら抽象的現象の説明には微視的過程を認識することではじめて可能となるとされている。

しかし、いずれにしても土の毛管現象を伴い吸水された土も大なり小なり凍結と凍上を繰返すのも事実であり、多くの条件が含まれており、水の供給が現実の程々の、土の熱的条件や地下水条件などに比べはるかに大きいことは当然である。本実験は凍上試験の立場から、一軸圧縮試験後の水浸養生後の吸水量と圧縮強さ及び凍上試験の結果を例示した。これをいかにして、どう用いるかを知る目的で見ると、十分に成果はあったと言える。

2. 実験の材料と試験の方法等について

セメントは普通ポルトランドセメント。砂は細砂部第呂産2300~4200 μ mフルイ分で2種。土は苫小牧市の凍上性の土、日高田徳別の軟弱土、北見市東陵町で採取した2種である。これを砂と合成した(表-1~表-4)。いま仮に表-1と表-2を前者、表-3と表-4を後者とする。各々のシルト分以下含有量が20、40、13%となるので各20%、東20%、東40%、東13%、日40%と略記する。前者の装置などは前報告と同様だが、後者は内径80×50×300mmのポンプ式攪拌水槽で、上にアクリル板を置き、その上に50mmと25mmの断熱材を置き、そこにモールド内径10cm、高さ3cmの供試体を置き、下に中32mmの測温抵抗体を入

れ温度を記録した。このため断熱効果が完全でなかった。また前者はポーラストンの煮沸等充分でなかった。含水比は前者が任意、後者は各セメント量ごと最適含水比となるように調整し試験した。凍上供試体は一軸用供試体から、前者が切出しカッターで2個、後者は上、中、下と3個を押し込む方法で10cmモールドの3等分に土を量り、最後の上で余盛分だけ加えたためとで密度はかなり低くなった。この供試体を各養生後、1日水浸させ水温+3℃、低温室-4℃中に装着時温度が大体13℃であ

表-1

苫小牧土0.42以下	砂と合成
23 ϕ -0.42	— 50%
23 ϕ -0.42	60% 30%
シルト分	33% 16.5%
粘土分	7% 3.5%
比重	2.621 2.619
強熱減量	8.9% 4.5%
凍上率	— 172%

表-2

東陵土0.42以下	砂と合成
23 ϕ -0.42	— 29%
23 ϕ -0.42	72% 51%
シルト分	22% 16%
粘土分	6% 4%
比重	2.681 2.662
強熱減量	14.1% 10.0%
凍上率	— 148.5%

注) 合成粒度等は計算による。

表-3

東陵土0.42以下	砂と合成
23 ϕ -0.42	— 42% 81.2%
23 ϕ -0.42	31% 18% 5.8%
シルト分	49% 28.4% 9.2%
粘土分	20% 11.6% 3.8%
比重	2.465 2.549 2.629
強熱減量	7.6% 4.9% 1.4%
凍上率	— 101% 13%

表-4

日高土0.42以下	砂と合成
23 ϕ -0.42	— 24.5%
23 ϕ -0.42	47% 35.5%
シルト分	39% 29.4%
粘土分	14% 10.6%
比重	2.564 2.589
強熱減量	11.5% 8.7%
凍上率	— 210%

り約6時間後に0℃、12時間後に-2℃で安定するが、18~24時間で突然0℃に戻り2日間安定するが4日まで-2℃に向かう繰返した。

3. 実験結果と考察等について

表-5では強度6%の養生効果は余り見られないが、19%とでは顕著である。表-8でも養生効果は見られるが、他はバラツキの範囲である。

セメント効果を見ると東13%が顕著である。強度5~10%における各々のセメント量を見

表-5 苫小牧土 (シルト分以下含有量20%)

日数	7 日 養生				28 日 養生				90 日 養生			
凍上	C=10% W=20.7% Pa=1.438		C=25% W=20.4% Pa=1.487		C=10% W=23.3% Pa=1.419		C=25% W=22.3% Pa=1.445		C=10% W=21.5% Pa=1.408		C=25% W=21.7% Pa=1.448	
一軸圧縮	吸水量 7.6 % 強さ 5.6 % 2.4 2.7	強さ 18.4 % 2.5 6.1	吸水量 7.6 % 強さ 18.4 % 2.2 2.2	強さ 18.4 % 2.5 2.0	吸水量 6.2 % 強さ 6.0 % 7.0 6.7	強さ 5.9 % 6.1	吸水量 8.4 % 強さ 24.5 % 7.0 7.5	強さ 21.4 % 25.1	吸水量 9.3 % 強さ 7.0 % 9.0 8.0	強さ 7.0 % 6.2 6.2	吸水量 8.6 % 強さ 40.4 % 8.7 9.1	強さ 29.6 % 33.7
凍上	凍上率 41 % 3/	含水比 45.6 % 45.3	凍上率 0 % 0	含水比 25.0 % 25.0	凍上率 6.6 % 8.1	含水比 33.0 % 37.1	凍上率 0 % 0	含水比 25.8 % 27.0	凍上率 0 % 0	含水比 32.8 % 33.9	凍上率 0 % 0	含水比 27.8 % 26.8

(C:セメント量, W:含水比, Pa:軟固強度)

る上凍13%が3~5%、凍40%が7~12%、苫20%が9~13%であるが、凍20%と日40%ではセメント量が50%も必要となる。この相違は有機物含有量の多大でも見られるが(表-2, 表-4)、含水比や密度や砂分粒子の違いも大きく粘土分は違わない(表-3, 表-4)。

砂分が多いと軟固強度は大となる。後者の東陵土で $W_{opt}=11\sim33\%$ で $\rho_{dmax}=2.0\sim1.3$ の曲線となり、砂分が多い程強度は大である。吸水量を見ると前者と後者ではかなり異なる。これは人為的な面が多いことと密度の相違が上げられる。強度と凍上率の関係をみると、12%以下で凍上されており、11.5%における凍上率は4~5%となっている。全体的に方物線を描くとその下にばらついている。

次に表-7、表-8の凍結後の吸引量と凍上率の関係を表わして見ると、表-7は $\gamma=1.9$ 、表-8は $\gamma=1.9$ となり凍13%では吸引量が0%でも15%凍上することが分かった。これは吸引されなくても土中の水分が凍結して、凍上することを意味しているのである。

本実験は本学の卒業研究の一部である。加藤、真家君(昭55年卒)及び江州、福田君(昭55年卒)に感謝します。

表-6 東陵土 (シルト分以下含有量20%)

日数	7 日 養生				28 日 養生			
凍上	C=10% W=32.6% Pa=1.230		C=25% W=32.5% Pa=1.231		C=10% W=33.2% Pa=1.175		C=25% W=31.6% Pa=1.221	
一軸圧縮	吸水量 8.8 % 強さ 2.2 % 9.2 9.0	強さ 2.5 % 2.3	吸水量 7.4 % 強さ 4.9 % 6.4 7.2	強さ 4.7 % 4.0	吸水量 9.1 % 強さ 2.6 % 9.5 8.7	強さ 2.1 % 2.7	吸水量 9.2 % 強さ 4.5 % 8.2 8.8	強さ 5.5 % 4.4
凍上	凍上率 16.0 % 17.7	含水比 57.0 % 57.8	凍上率 0 % 0	含水比 55.5 % 40.5	凍上率 34.4 % 20.9	含水比 63.1 % 56.6	凍上率 0 % 0	含水比 38.0 % 49.8

注) 以上速度はひずみ制御法による。

表-7 東陵土 (シルト分以下含有量40%)

日数	3 日 養生		7 日 養生		14 日 養生		28 日 養生	
凍上	C=10% W=18.0% Pa=1.662		C=10% W=19.1% Pa=1.667		C=10% W=19.8% Pa=1.655		C=10% W=18.9% Pa=1.662	
一軸圧縮	吸水量 2.2 % 強さ 2.2 2.3	強さ 9.2 % 9.0 9.0	吸水量 0.8 % 強さ 8.3 % 0.9 0.7	強さ 8.4 % 8.2	吸水量 1.1 % 強さ 6.8 % 0.7 0.7	強さ 6.7 % 6.9	吸水量 1.2 % 強さ 9.6 % 1.2 1.1	強さ 9.8 % 9.8
凍上	凍上率 5.2 % 5.1 4.8	吸引量 3.4 % 3.5 2.5	凍上率 5.0 % 3.9 3.3	吸引量 3.7 % 2.4 2.3	凍上率 5.4 % 3.1 9.7	吸引量 2.6 % 1.9 3.8	凍上率 10.7 % 8.4 7.1	吸引量 4.0 % 4.8 3.5

注) 以下速度は応力制御法による。

表-8 東陵土 (シルト分以下含有量13%)

日数	3 日 養生		7 日 養生		14 日 養生		28 日 養生	
凍上	C=4% W=12.8% Pa=1.907		C=4% W=12.4% Pa=1.916		C=4% W=12.1% Pa=1.900		C=4% W=12.9% Pa=1.901	
一軸圧縮	吸水量 0.3 % 強さ 0.4 0.3	強さ 7.8 % 7.8 8.1	吸水量 0.2 % 強さ 9.6 % 0.2 0.2	強さ 9.6 % 9.6	吸水量 1.2 % 強さ 10.8 % 0.7 0.7	強さ 12.3 % 12.4	吸水量 0.2 % 強さ 11.3 % 0.3 0.1	強さ 9.0 % 11.5
凍上	凍上率 1.5 % 1.3 1.0	吸引量 0.9 % 0.6 0.5	凍上率 1.4 % 2.3 2.1	吸引量 2.3 % 0.3 0.2	凍上率 2.7 % 4.9 4.6	吸引量 0.5 % 0.5 0.2	凍上率 2.3 % 0.5 1.6	吸引量 0.9 % 0 0.1

注) 吸引量=(凍結後保体質量-凍上前保体質量)÷(凍上前保体質量)

表-9 日高土 (シルト分以下含有量40%)

日数	7 日 養生		28 日 養生		90 日 養生	
凍上	C=5% W=34.8% Pa=1.232		C=10% W=34.3% Pa=1.223		C=15% W=34.2% Pa=1.248	
一軸圧縮	吸水量 3.1 % 強さ 2.4 % 2.5	強さ 2.4 % 2.4 2.5	吸水量 3.5 % 強さ 3.2 % 3.5 3.6	強さ 3.2 % 3.1 3.0	吸水量 2.6 % 強さ 3.6 % 2.6 2.5	強さ 3.6 % 3.6 3.6
凍上	凍上率 5.0 % 4.5 5.5	含水比 10.5 % 10.2 9.0	凍上率 5.0 % 4.5 5.5	含水比 10.5 % 10.2 9.0	凍上率 5.0 % 4.5 5.5	含水比 10.5 % 10.2 9.0