

(株) 精研 正員 ○高志 勤
生頼 孝博
山本 英夫

1. はじめに

土が凍結すると、強度は未凍結土のそれより数十倍大きくなる。地盤凍結法ではこの強度の増加を利用して凍土を耐力壁として用いるのであるが、一方、細粒成分を多く含む土では凍結するとき周りに水が吸い寄せ ice lens を形成して大きく凍上することが知られている。この凍上は工学的な諸問題を惹き起す為いろいろな対策が採られるが、最近、土中水の粘度を高めることによって凍上を抑制しようとする方法が用いられている⁽¹⁾。粘度増加剤としては CMC (Carboxy Methyl Cellulose) が使用されるのであるが、凍土の強度に及ぼす影響が問題となる。⁽²⁾そこで、本報告では、試料として粘土を用いて、CMC 混入凍土と無添加凍土について一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強度に及ぼす、温度、ひずみ速度及び CMC 濃度の影響を調べ両者を比較した。

2. 試料及び供試体の準備

実験に用いた試料は、気乾燥状態の粉末粘土（藤の森粘土： $W_L=44.5\%$ 、 $W_P=23.3\%$ 、 $I_P=11.2\%$ 、比表面積 $S=13.8\text{ m}^2/\text{g}$ ）のうち $420\mu\text{m}$ フリイを通過したものである。粒度分布を図1に示す。

凍土供試体は次の様にして準備した。まず、含水比が約 60% になるように蒸留水及び所定の濃度に調整した CMC 溶液を藤の森粘土に加え練り返し、各々を直径 11cm のシリンダーに入れ 4 kg/cm^2 で約 3 日間圧密した。圧密後直径 5cm 高さ 10cm の円筒形に整形し、側方及び下端を断熱材で防熱して -20°C の冷凍庫内でほぼ一次的に急速凍結した。この様にして作成した供試体中にはアイス・レンズもなく含水比も一定でありコンクリート状凍土であった。供試体の平均含水比は $w_i=27.7\%$ 、単位体積重量は 1.886 g/cm^3 、飽和度は $S_r=91.1\%$ であった。

3. 実験装置及び方法

用いた装置は、 $0.07\sim 40\text{ mm/min}$ の間で一定至速度が得られ最大 10 ton の一軸圧縮試験機である。試験機は恒温室に設置し、更に供試体と載荷板共に恒温箱でおおった。その結果供試体温度のゆらぎは試験中 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ であった。試験中の載荷荷重及びひずみは X-Y レコーダーで又温度も自記記録した。

試験は、恒温箱内で約 1 日間実験温度で養生した後、ヒズミ制御で一軸圧縮試験を行い、CMC 混入凍土及び無添加凍土について、各々温度及び至速度更に CMC 濃度等の影響を調べた。

4. 実験結果及び考察

4-1. 応力-ひずみ挙動

CMC 混入凍土及び無添加凍土の応力-ひずみ図の例を図2に示す。同時に豊浦砂の一軸圧縮試験結果も比較して示す。⁽²⁾

図より明らかなように、CMC 混入凍土と無添加凍土の応力-ひずみ挙動に大きな相違はみられない。砂質凍土では最大応力（

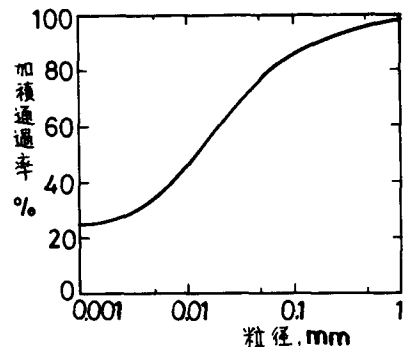


図1 藤の森粘土の粒度分布

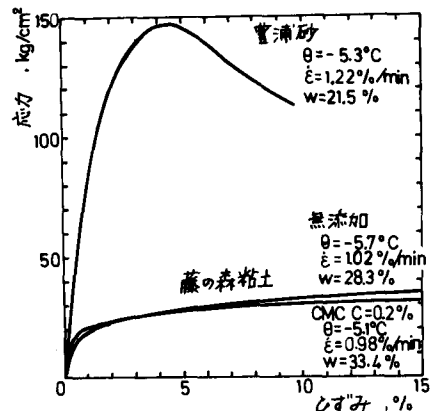


図2 応力-ひずみ曲線

結局強さ
が)が出現するが
粘土質凍土では見
られない。
しかも、
このまま
圧縮を継
続してひ
ずみか30
%を超え
ても破断

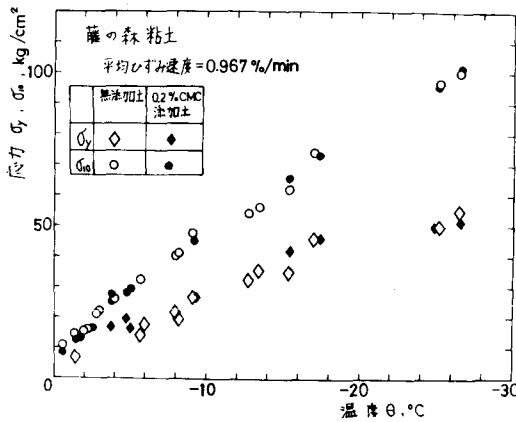


図3 σ_y, σ_0 と 温度の関係

することがあった。今回の温度及びひずみ速度の範囲では、この傾向は一致していた。そこで、藤の森粘土凍土の一軸圧縮強度としてはひずみか10%のときの応力 σ_0 をとって定義した。

凍土中の不凍水量は比表面積が大きくなればなる程多くなる。豊浦砂の比表面積は $0.23 \text{ m}^2/\text{g}$ で藤の森粘土の約1/60である。両者の応力-ひずみ挙動の相違は、不凍水量あるいは比表面積に依存しているものと推察できる。

4-2 粘土質凍土の強度と温度の関係

図3に σ_0 と応力-ひずみ曲線が直線から曲線になる変曲点応力 σ_y を降伏応力と定義し温度との関係を示す。ひずみ速度は平均 $0.967\%/min$ であった。0.2% CMC混入土と無添加土はほぼ同じ値を示しておりこの濃度では凍土の強度に対して影響を与えないことがわかる。 σ_y, σ_0 は -5°C から -30°C まで温度の低下とともに直線的に増加していることを示している。

σ_y に対応するひずみを ϵ_y とし変形係数 E を $E = \sigma_y / \epsilon_y$ からもとの図4に示す。温度の低下とともに E は大きくなるがバラツキが大きく明確な法則性はみられない。

4-3. ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ の依存性

σ_0 と $\dot{\epsilon}$ の関係を図5に示す。CMC添加土、無添加土ともに σ_0 は $\log \dot{\epsilon}$ に対して直線的に増加するが、 $\dot{\epsilon}$ が 0.073 から $36.8\%/min$ と約500倍速くなくても σ_0 は 30.53 から 40.38 kg/cm^2 であって $\dot{\epsilon}$ の依存度は比較的小さいようである。

4-4. 粘土質凍土の強度 σ_0 と CMC濃度の関係

凍土中の氷の中のCMC濃度と σ_0 の関係を図6に示す。凍土を抑制する為に使われるCMC濃度は大きい程効果があり、強度も増加することがわかる。

5. おわりに

藤の森粘土凍土を用いてひずみ制御による一軸圧縮試験を行った結果、CMC添加土、無添加土ともに、 σ_0 で定義した強度は温度の低下及びひずみ速度の増加とともに大きくなり、CMC濃度が増加した場合にも、ある程度の強度の増加も期待できることがわかった。

(文獻) 1. 高志他, 第2回土木学会学術講演会概要集 Ⅲ-287(1977). 2. 高志他, 第13回土質工学研究発表会, 114 (1978)

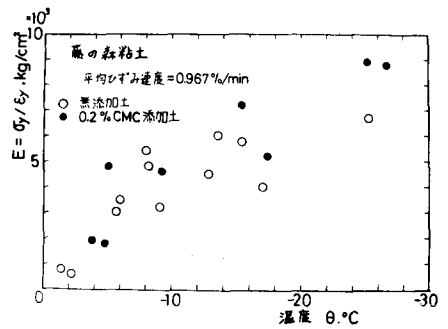


図4 変形係数と温度の関係

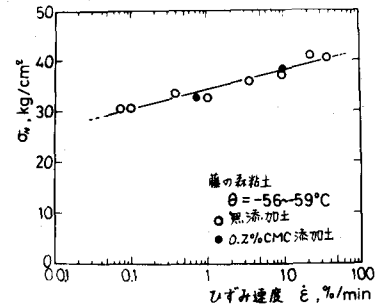


図5. ひずみ速度と σ_0 の関係

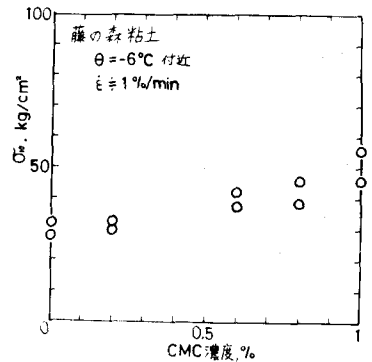


図6 CMC濃度の依存性