

III-136

凍土のせん断強さに及ぼす細粒分の影響

（株）精研 正 吉田恵司 伊豆田久雄 正 小林 進

1. 緒言 凍土のせん断強度特性は、これまで細粒分を含まない砂凍土¹⁾や砂分を含まない粘土凍土²⁾について調べられることが多かった。しかし、地盤凍結工法において凍結の対象となる地盤には、その中間の粒径分布の凍土も数多く存在する。せん断強度特性が、細粒分の増加によってどのように変化するかを調べるために、砂と粘土の配合が異なる調整試料土からなる凍土の三軸圧縮試験を行った。

2. 実験方法 調整試料土は、風乾状態の藤の森青粘土と豊浦標準砂を種々の粘土混合率 F で混合したものであり、その粒径加積曲線を図1に示す。ここで粘土混合率 F は、全炉乾土に対する炉乾した藤の森青粘土の重量比である。十分に攪拌した後水又は塩水（重量濃度が3.3%のNaCl水溶液）を加えてスラリー状にして、4kgf/cm²で2日間圧密したものを冷凍庫（-25℃）内で一次元的に凍結させた。ただし、砂のみ（ $F=0\%$ ）の場合は水又は塩水で飽和させたものをモールドに水平打撃を加えながら充填した。供試体寸法は、直径5cm、高さ10cmとした。三軸圧縮試験装置全体を-10℃の低温室に設置して実験を行った。供試体温度は-10℃、軸歪速度は1%/minとした。

3. 実験結果

（1）軸差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）～軸歪 ε_1 曲線と粘土混合率の関係の例を図2示す。塩分の有無によらず、砂凍土（ $F=0\%$ ）では、 ε_1 が15%に達しても ε_1 の増加によって、（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）は増加した。 F の増加にともなって（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）の増加量はゆるやかになり、粘土凍土（ $F=100\%$ ）では ε_1 が約2%以上で（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）の増加は見られなかった。

（2）最大軸差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）_{MAX}（ピークがない場合には $\varepsilon_1=10\%$ での軸差応力）と F の関係を図3に示す。塩分のない場合には、すべての σ_3 において F の減少によって（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）_{MAX}は増加した。一方、塩分を含む場合には、 $\sigma_3=0$ kgf/cm²（一軸圧縮状態）では F の減少による（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）_{MAX}の増加はほと

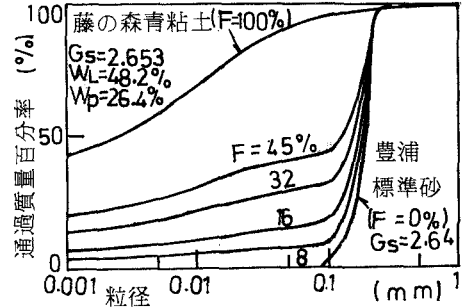
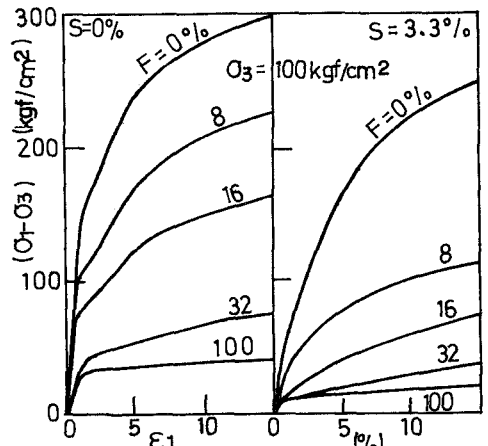
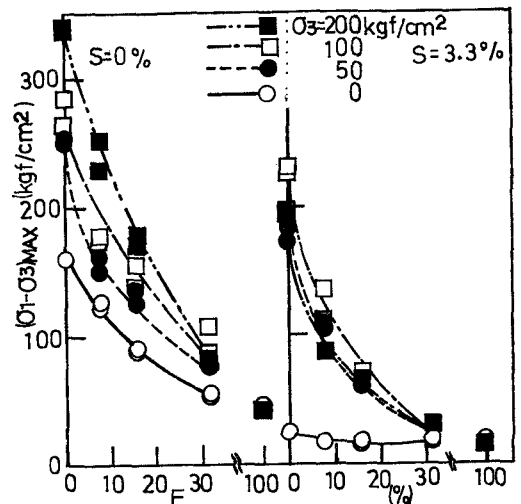


図1 粒径加積曲線


図2 軸差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）～軸歪 ε_1 曲線の例

図3 最大軸差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）_{MAX}と粘土混合率 F の関係

んど生じないが、 $\sigma_3 \geq 50 \text{ kgf/cm}^2$ では $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{MAX}}$ の増加が認められる。

（3）せん断強さの強度定数である ϕ と C を求めるために $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ を縦軸、 $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ を横軸にとって、図3のデーターを再プロットしたものを図4、図5に示す。 $S=0\%$ の場合 $F \leq 8\%$ では、平均主応力 $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ が増加するにつれて最大せん断応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ は直線的に増加するが、 $F \geq 16\%$ や $S=3.3\%$ のすべての場合には、 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ が初め直線的に増加した後に $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ の増加は緩かになる。 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ の関係が直線からずれ始める $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ は図中破線で示したように、 F の増加と塩分含有によって小さくなる。この直線からずれ始める点は、モール・クーロンの破壊基準³⁾の適用限界を意味するため、凍土への破壊基準の適用範囲は細粒分と塩分の混入によって狭くなることが分かる。

$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ の関係における直線部分から内部摩擦角 ϕ_i 及び粘着力 C_i を求め図6、7に示す。 ϕ_i は、塩分の有無によらず粘土混合率の増加に対してゆるやかな減少を示した。 C_i は塩分を含まない場合には、 F の増加による C_i の減少は $F \leq 32\%$ において著しいが、これ以上 F を増加しても C_i に大きな変化はなかった。塩分を含む場合は、 F による C_i の変化はあまりなかった。

4. 結言

（1）塩分を含まない場合には粘土混合率 $F=8\%$ 以下で最大せん断応力は、平均主応力によって直線的に増加するが、 $F \geq 16\%$ と塩分（ $S=3.3$ ）を含む場合は初め直線的に増加した後にゆるやかになる。

（2）内部摩擦角は塩分の有無に関係なく F の増加に対して、ゆるやかに減少する。

（3）粘着力は塩分を含まない場合に F の増加によって減少し、塩分（ $S=3.3$ ）を含む場合は粘着力に大きな変化はない。

参考文献

- 1) 例えば小林他，塩分含有砂凍土の三軸圧縮強度特性について，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集第3部，p884-885，1989。
- 2) 小林他，凍結土の三軸圧縮強度特性について，日本雪氷学会秋季大会講演予稿集，p149，1989。
- 3) 最上編，土質力学，技報堂出版，pp1048，1969。

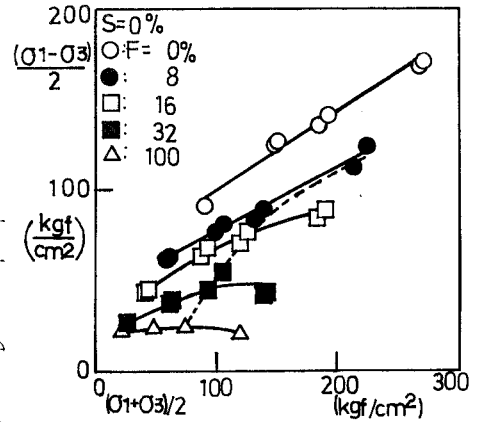


図4 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ の関係

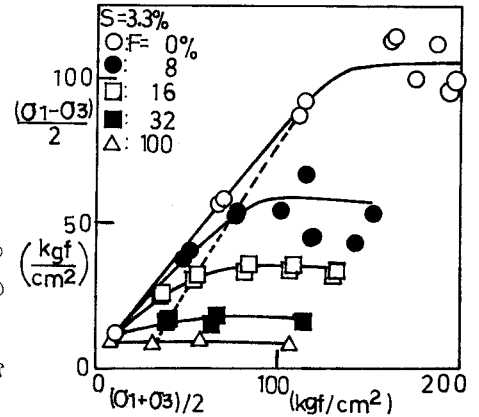


図5 $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$ と $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$ の関係

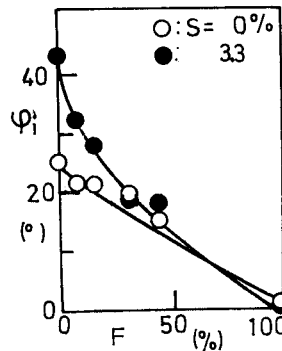


図6 内部摩擦角 ϕ_i と粘土混合率 F の関係

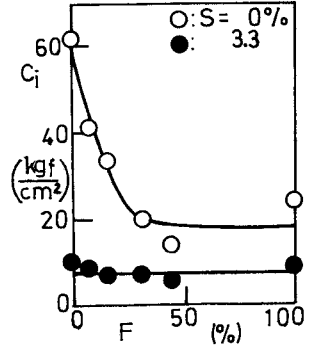


図7 粘着力 C_i と粘土混合率 F の関係