

III-416 添加剤を加えた粘土凍土の力学的特性

群馬大学 正 榎戸源則
 群馬大学 ○学 阿南健一

1. まえがき

土の中の水分が凍っている凍土は、日本では液化天然ガス地下貯蔵タンクやトンネルの凍結工法などで地盤の凍結を行うことなどから、その研究が必要とされている。

凍土の強度は貧配合のコンクリートと同じ程度であるが、クリープが大きく変形係数が一桁小さいために永久構造物としては使用できない。土の凍結とは土粒子間の重力水や吸着水が氷結することで、結氷した間隙水により土粒子が相互に強固に凍着されるのである¹⁾。そこでクリープを小さくするため、この土粒子間結合を高めるため添加剤を混入し、凍土をコンクリートの力学的性質に近づけコンクリートの代わりに使用できないかを検討した。

2. 実験概要

今回の実験は粘性土に注目し、一般的な粘土の性質を見るためのカオリン粘土、液性限界が高いベントナイトを使用した。ベントナイトについては、含水比を下げ粒度分布²⁾を変えた時の効果を見るため砂の混合も行ってみた。実験方法は今までの実験と比較検討するために一軸圧縮試験とした。試験機は応力制御のアムスラー試験機を使用し、実験中は断熱箱などにより -30°C に保たれるようにした。供試体の寸法は $\phi 5\text{ cm} \times h 10\text{ cm}$ とした。

3. 実験結果および考察

本試験による応力と歪の概形を2週間養生の場合を代表例として図-1に示す。カオリン粘土の場合、歪が2~3%のときピークはみられないが、添加率が増すにつれてピークの発生がより早く現れ凸型となる。ベントナイトの場合、添加剤を加えることにより強度増加はあるもののピークは現れない。応力自体も、添加剤を混合しても、カオリン粘土の応力よりも小さくなった。

変形係数と添加剤添加率および養生期間との関係を図-2に示す。カオリン粘土では、添加率の増加に伴い著しい増加がみられる。養生3日で急激に増加し、その後一定の割合で増加しているように思われる。これは、明らかに添加剤の効果がみられる。特に、20%添加で養生2週間のものは同じオーダーの $10.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ にまで増加した。それに比べベントナイトの場合はごくわずかにしか増加は見られない。これは、添加剤もそれによる養生もベントナイトには効果がないことを示す。

一軸圧縮強度と変形係数との関係を図-3に示す。凍土において、一軸圧縮強度と変形係数との間には、およそ一次式で近似できることがわかっている³⁾。このことから、実験で得られた各点をそれぞれ最小自乗法により近似すると以下の関係式を得た。

$$\text{カオリン粘土: } E_{50} = 361\sigma - 47895 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\text{ベントナイト: } E_{50} = 24\sigma + 6571 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

これによるとカオリン粘土は、一軸圧縮強度の増加にともない変形係数も大きく増加するという関係が明かである。その一方ベントナイトは、一軸圧縮強度が増加しても変形係数の増加はわずかだという傾向を示した。このことから、ベントナイトは一軸圧縮強度を増加させても変形係数の改善にはならず、違った方法での改善が必要だということである。増加の明かなカオリン粘土もコンクリートと同じ変形係数とするためには、上式から推測すると約75%の添加が必要となる。これも実用的でないために何等かの方法が必要と思われる。

ベントナイトについて、砂の混入割合と変形係数の関係を図-4に示す。ベントナイトは添加剤では変形係数の改良効果をほとんど示さなかったのに対し、砂の混合ではその効果を見ることができる。これは、砂の粒度分布によるものより含水比の低下によるものと思われる。

4. 結論

カオリン粘土は添加剤混合により、十分な強度や変形係数の改善効果を見ることができた。しかし、それでも変形係数はコンクリートの約半分程度でありこれと同じくするには、得られた式より約75%の添加が必要となる。これは実用的でないため何等かの工夫が必要となる。しかし、仮設構造物とするには十分な強度である。

ベントナイトの場合添加剤による変形係数の改良はほとんどなく、むしろ砂を混入し含水比が低下した方がより改善される。このことにより、ベントナイトの様な超軟弱な粘土では砂の混入や圧密などにより含水比を低下させるなどの他の方法が必要となる。しかしこれも、一時的な仮設構造物では使用可能と思われる。

(参考文献)

- 1) 木下誠一 編著: 凍土の物理学, 森北出版株式会社, p61.
- 2) 高志 勤・生頼考博・山本英夫・岡本 純: 砂凍土の一軸圧縮強さに関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第302号, 1980年10月.
- 3) 土質工学会編: 土の凍結-その制御と応用-, 土質工学会, p67.

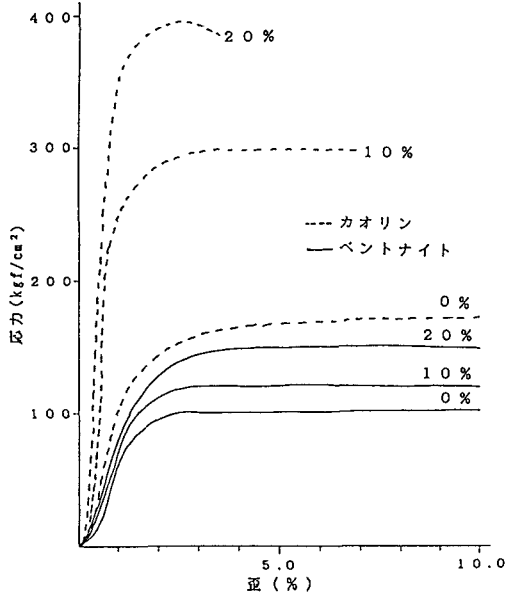


図-1 応力と歪の関係

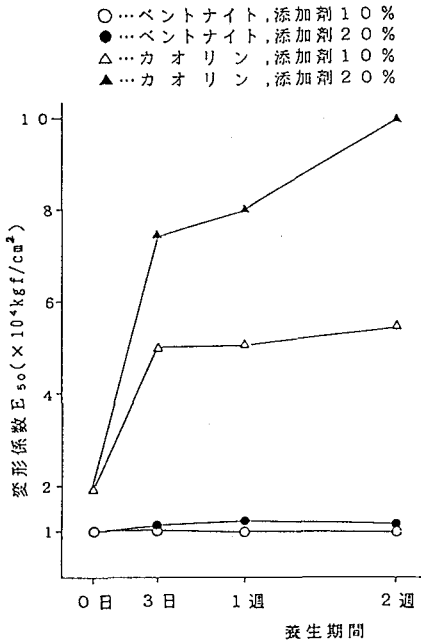


図-2 変形係数 E_{s0} と添加剤添加率および養生期間との関係

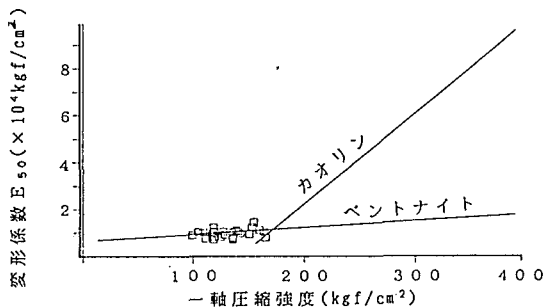


図-3 一軸圧縮強度と変形係数の関係

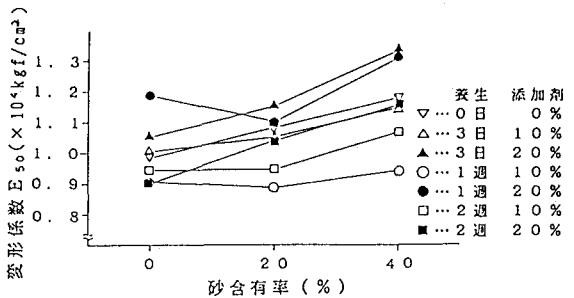


図-4 砂の含有率と変形係数 E_{s0} の関係