

Ⅲ - B319

セメント改良土の低温下における一軸圧縮強度に関する考察

(株) 竹中工務店 正会員 甲村雄一* 鈴木吉夫* 上田貴夫**

日本大学理工学部 フェロー会員 山田清臣***

日本大学理工学部 正会員 鎌尾彰司***

1. はじめに

寒冷地において深層混合処理工法を適用する場合には、セメント改良土の低温下における力学特性を評価する必要がある。本研究では、既に報告したカオリン改良土の低温下における一軸圧縮試験結果¹⁾ および今回試験を実施した藤の森粘土を用いた改良土の結果から、低温下における一軸圧縮強度について考察を行った結果について述べる。

2. 試験方法

試験に用いた試料はカオリン（T社製NNカオリンクレー）および藤の森粘土（京都府産）である。供試体の作製は地盤工学会規準：安定処理土の締め固めをしない供試体作成方法（JSF T 821-1990）に従い、普通ポルトランドセメントおよびイオン交換水を用いて作製した。供試体は28日間養生した後上下端面を整形し、常温下（+20℃）および低温下（-20℃）での一軸圧縮試験に供した。低温下の試験に際しては、供試体を-20±2℃の冷凍庫内に24時間放置して凍結させた後、液体窒素の気化ガスにより-20±0.1℃に冷却されたチャンバー内で試験を実施した。なお、チャンバーに供試体を移した後、供試体内の温度を均一にするため1時間経過した後に試験を実施した。また、試験時のひずみ速度は1%/minとした。

3. 一軸圧縮試験結果および考察

試験に用いた供試体の配合条件を表-1に示す。供試体の配合は、セメント量の違いが一軸圧縮強度： q_u に及ぼす影響を見るために、試料および水の量を固定してセメント量のみを3段階に変化させた。各条件で6本の試験を行って得られた q_u の平均値を既に報告した結果¹⁾とあわせて図-1に示す。常温下および低温下のいずれも q_u の値はセメント添加率： α （試料の乾燥重量に対するセメント重量の重量百分率）の増加に伴って上昇する。これは α の増加にともないセメントの水和反応により土粒子間の結合力が強まり、土粒子の骨格部の強度が増加するためであると考えられる。また、常温下と低温下を比較すると、低温下における q_u はいずれの α においても常温下における値に比べて著しく上昇する。これは供試体が凍結することで間隙水が氷へと変化し、土粒子の骨格部の強度に氷の強度（25～30kgf/cm²程度²⁾）が付加されることや、氷が土粒子間の膠結物質として作用すること等に起因しているものと考えられる。すなわち、低温下における q_u はセメント量に影響を受けるとともに、改良土中の氷の影響も強く受けているものと考えられる。よって本研究では改良土中に存在する氷が一軸圧縮強度に及ぼす影響に着目して考察を行う。

低温下と常温下の q_u の差を凍結による強度増加量： Δq_u と定義し、 α と Δq_u の関係を求めたものを図-2に示す。図より α が増加するに従って Δq_u は大きくなる傾向がみられる。低温下においては先に述べた理由により常温下に比べて q_u は上昇する。一方で、凍結時には水から氷への相変化により供試体の体積は膨張するため、セメントの水和反応

表-1 供試体の配合条件

セメント添加率 α (%)	配合重量比		
	試料	セメント	水
10	1.00	0.10	0.66
20	1.00	0.20	0.66
30	1.00	0.30	0.66

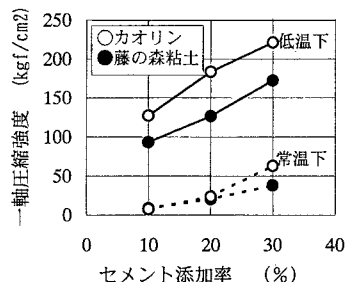


図-1 セメント添加率と一軸圧縮強度との関係

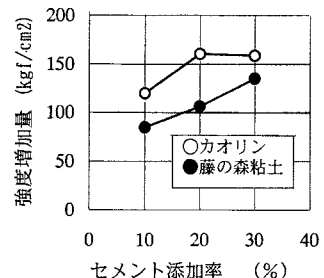


図-2 セメント添加率と凍結による強度増加量との関係

キーワード：セメント改良土、一軸圧縮強度、低温

*〒270-13 千葉県印西市大塚 1-5-1

(株) 竹中工務店 技術研究所

TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3070

**〒104 東京都中央区銀座 8-21-1

(株) 竹中工務店 エネキ・エンジニアリング 本部

TEL 03-3542-7100 FAX 03-3542-6855

***〒101 東京都千代田区神田駿河台 1-8

日本大学理工学部土木工学科

TEL 03-3259-0667 FAX 03-3293-3319

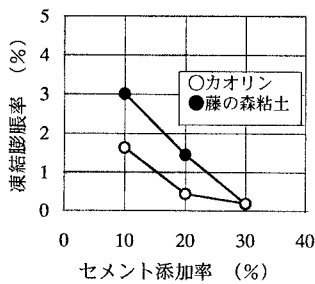


図-3 セメント添加率と凍結膨張率との関係

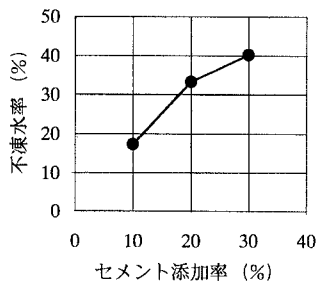


図-4 セメント添加率と不凍水率との関係

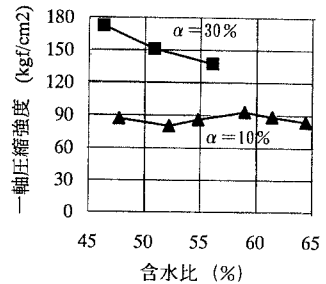


図-5 含水比と一軸圧縮強度との関係

により結合力が強められた土粒子の骨格部は体積の膨張にともない破壊されるものと考えられる。供試体の凍結前の体積に対する凍結時の体積膨張量の割合を凍結膨張率： ξ と定義し、 α と ξ の関係を求めたものを図-3に示す。 α が大きいくほど ξ の値は小さくなる。 ξ の値は不凍水量や含水量（含水量）によって変化すると考えられるが、ここではまず不凍水量の影響に着目し、

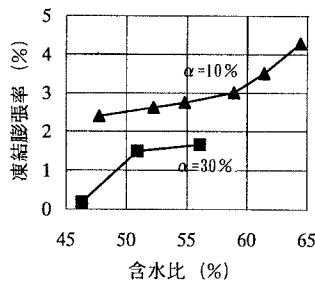


図-6 含水比と凍結膨張率との関係

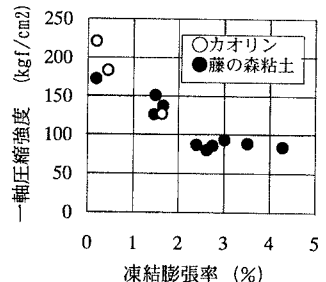


図-7 凍結膨張率と一軸圧縮強度との関係

藤の森粘土を用いた混合法による比熱試験により間接的に不凍水量の推定を行った。これは-20℃の凍結した供試体を融解させたときの潜熱量測定から間接的に不凍水量を推定する方法³⁾である。供試体に含まれる全水分に対する不凍水の重量百分率を不凍水率： W_{uf} と定義し、 α と W_{uf} との関係を求めたものを図-4に示す。 α が大きくなるほど W_{uf} は大きくなる。これは α が大きいく骨格部の強度が大きいくほど、水が氷に変化する際の膨張に対する抵抗力が大きいく、氷へ変化しにくくなるためであると考えられる。よって α が大きいくほど土粒子の骨格部の破壊は少なく、図-2に示すように α が大きいくほど Δq_u が大きくなったものと考えられる。

また、先に述べたように ξ の値は含水量（含氷量）によっても変化するものと考えられる。ここでは藤の森粘土を用いた $\alpha=10\%$ および $\alpha=30\%$ の改良土について、供試体作製時の含水比を変えて低温下における一軸圧縮試験を行った。試験結果を図-5に示す。 $\alpha=30\%$ では含水比が小さいほど q_u が大きくなるという結果が得られた。これは図-6に示すように含水比が大きいく水分を多く含むほど ξ の値が大きくなり、含水比の増加による土粒子の骨格の破壊が顕著になるためと考えられる。一方、 $\alpha=10\%$ では q_u は含水比に依存せずほぼ一定値を示す結果となった。これは $\alpha=10\%$ の供試体は土粒子の骨格強度が小さいため、水の凍結膨張により骨格が容易に破壊されて骨格の強度がほとんどなくなり、凍結後の q_u は骨格の強度とは無関係になるためであると考えられる。試験を行ったすべての条件での ξ と q_u の関係を図-7に示す。今回試験を行った2種類のセメント改良土では、 ξ が2%よりも小さい領域では q_u は ξ の値によって変化するのに対し、 ξ が2%よりも大きい領域では q_u は ξ に関係なくほぼ一定値を示し、凍結時の ξ によって q_u の値の大きな推定が行える可能性が推察される。

4. おわりに

本研究では2種類のセメント改良土を用いて低温下における一軸圧縮強度についての考察を行った。なお本研究の遂行にあたり、日本大学理工学部学生 寛教行氏ならびに高橋邦彰氏のご協力を得たことをここに記し感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 甲村雄一 他：「セメント改良土の低温下における力学特性」，第31回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.1355-1356，1996。
- 2) 稲田善紀，甲村雄一：「極低温下における氷の力学的挙動」，第10回西日本岩盤工学シンポジウム論文集，pp.47-53，1989。
- 3) 稲葉英男：「土壌の熱物性に関する一実験」，冷凍，第59巻，第678号，pp.281-288，1984。