

Ⅲ－B 386

セメント改良土の凍結による力学特性の変化に関する研究

（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 正会員 山田清臣***
 日本大学理工学部 正会員 鎌尾彰司***

1. はじめに

セメント改良土の低温下における力学特性に関する研究例は少ない。本研究では 3 種類のセメント改良土を用いた一軸圧縮試験を行い、凍結・融解作用による力学特性の変化および低温下における力学特性の温度依存性について実験により検討し考察を行った結果について報告する。

2. 凍結・融解作用による力学特性の変化

試験に用いた試料はカオリン（T社製NNカオリンクレー）、豊浦標準砂および藤の森粘土（京都府産）である。供試体は地盤工学会規準：安定処理土の締め固めをしない供試体作製方法（JSF T 821-1990）に従い、表－1に示す配合条件で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。供試体の寸法はφ35mm×h70mmとし、養生時の温度は20℃とした。供試体は所要の養生日数が経過した後、以下のような方法で凍結・融解させた。すなわち、供試体を養生室から-20℃±2℃の冷凍庫内に移動し24時間放置した後、再び養生室に移動し24時間放置する。この過程を凍結・融解回数1回とし、最大でこの操作を3回繰り返した後、+20℃の室内で一軸圧縮試験を行った。なお、一軸圧縮試験時のひずみ速度は1%/minとした。

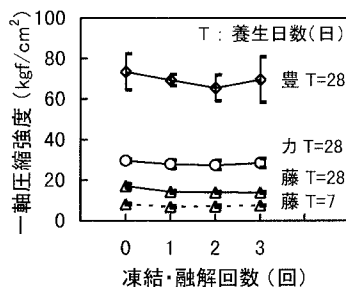
凍結・融解回数（N）をパラメータとして試験を行った結果を図－1および図－2に示す。図－1には各条件で5本の供試体により得られた一軸圧縮強度（qu）の平均値と標準偏差を、また、図－2には強度残存率の平均値と標準偏差を示した。ここで、強度残存率とは、N=0回のquに対する各凍結・融解回数でのquの百分率として定義した。いずれの改良土においても凍結・融解によりquの値が低下することがわかる。これは低温下において供試体中の水分が凍結することにより膨張し、土粒子の骨格構造の一部が破壊されることに起因するものと考えられる。また、Nが2回以上ではquの変化量は小さい。このことから、2回以上の凍結・融解では土粒子の骨格構造の破壊はそれ以上進行しないことが推察される。これらを確認するため、凍結・融解に伴う供試体のP波伝播速度（Vp）の変化を測定した。測定結果を図－3に示す。1回の凍結・融解によりVpの値は大きく低下し、また、Nが2回以上ではVpの値が低下する割合は小さいことがわかる。

3. 低温下における力学特性の温度依存性

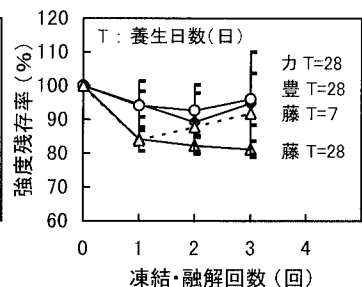
低温下において温度をパラメータとして一軸圧縮試験を行った。供試体は前述と同様の方法により作製し、28

表－1 供試体の配合条件

試料名	配合比(重量比)	試験時
	(試料:セメント:水)	含水比
カオリン	1.00:0.20:0.66	48%
豊浦標準砂	1.00:0.20:0.26	15%
藤の森粘土	1.00:0.20:0.66	52%



図－1 凍結・融解回数と一軸圧縮強度との関係



図－2 凍結・融解回数と強度残存率との関係

キーワード：セメント改良土，凍結・融解，一軸圧縮強度，温度依存性

*270-1395 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:0476-47-3080

**104-8182 東京都中央区銀座 8-21-1

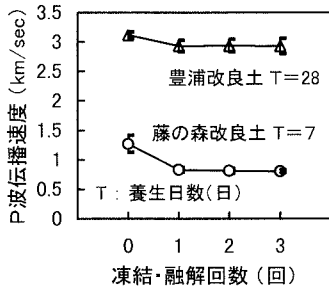
（株）竹中工務店 LNC本部

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

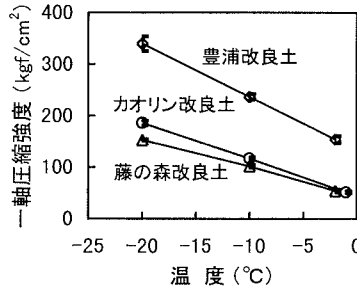
***101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8

日本大学理工学部土木工学科

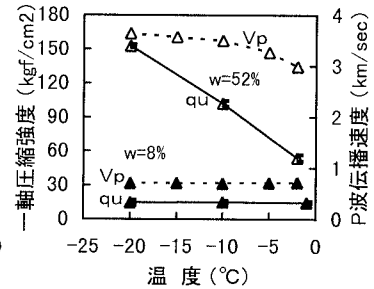
TEL:03-3259-0667 FAX:03-3293-3319



図－3 凍結・融解回数とP波伝播速度との関係



図－4 温度と一軸圧縮強度との関係



図－5 藤の森改良土の一軸圧縮強度およびP波伝播速度

日の養生日数経過後に $-20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫内に移動し 24 時間放置して凍結させた。その後一軸圧縮試験装置に取り付けた内部温度 -20°C の低温チャンバー内に供試体を移動し、昇温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で所要の温度まで昇温し、60 分間保温した後に試験を実施した。

試験結果を図－4に示す。低温下ではいずれの改良土においても図－2に示した室温下での値に比較して q_u が大きいことがわかる。これは低温下においては供試体中の水分が凍結することで土粒子の骨格の強度に氷の強度が付加されることや、氷が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。また、 q_u の値は温度の上昇とともに低下する傾向にあることがわかる。これは供試体中に含まれる不凍水が温度の上昇とともに増加することに起因するものと考えられる。

これらを確認するため、藤の森改良土を用いて含水状態を変えて q_u および V_p を求めた。試験結果を図－5に示す。図には 28 日間の養生が終了後直ちに試験を行ったものと、養生終了後 1 週間室内で自然乾燥した後に試験を行ったものの 2 種類の結果を示した。なお、前者は試験時の含水比 (w) は約 52% であり、後者は約 8% であった。 $w=52\%$ の供試体は温度の上昇に伴い q_u および V_p が低下する傾向にある。 V_p の値は水では $3.2\text{km}/\text{sec}$ 程度、また、水では $1.5\text{km}/\text{sec}$ 程度であることが報告されている¹⁾。温度の上昇に伴い不凍水量が増加することで V_p の小さい水の割合が増加するために供試体の V_p の値が低下するものと考えられる。一方、含水量の少ない $w=8\%$ の供試体では q_u および V_p の値は小さく、また、値の変化はほとんどみられないことがわかる。このことから低温下における力学特性は水分の影響に強く依存することが推察される。

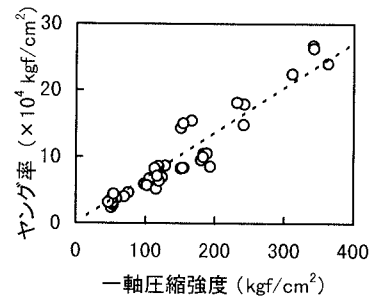
また、低温下において試験を行ったすべての供試体について q_u と破壊応力の 50%における割線ヤング率の関係を示したものを図－6に示す。図には試料の種類や試験時の温度に関係なく低温下で試験を行ったすべての供試体での値を合わせて示したが、割線ヤング率の値は q_u の 700 倍程度の値であることがわかる。このことから低温下におけるセメント改良土のヤング率は、 q_u から大まかな推定が行うことができる可能性があるものと考えられる。

4. おわりに

本研究ではセメント改良土の低温下における力学特性を実験により求め、考察した結果について報告した。なお、本研究の遂行にあたり、日本大学理工学部学生 住友慶三氏ならびに鈴木聡氏のご協力を得たことをここに記し感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 稲田善紀, 甲村雄一, 新田稔: 「冷凍食品貯蔵庫としての岩盤内空洞の利用」, 第 11 回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, pp.79~84, 1990.



図－6 一軸圧縮強度と割線ヤング率との関係