

セメント改良土の養生方法の違いに着目した耐久性に関する研究

福岡大学工学部 学生会員 ○佐々木 竜次 正会員 佐藤 研一
正会員 吉田 信夫 原 裕司

1. 研究目的

現在、軟弱地盤のセメント系改良によって地盤強度を増加させる工法は、数多くの施工実績と研究からほぼ設計方法も確立しているが、地盤改良の歴史が新しいため改良体の長期的な安定性の検討についての研究が行われていない。特に、気象の変化や地下水位の変動により乾湿繰返しの影響を受ける際の長期的な安定性の検討が必要であると考えられ、これらの検討が行われている¹⁾。そこで、本研究では、耐久試験開始前にそれぞれ7日・28日間気中方法で養生し(以後、事前養生と定義する)、5つの養生方法(気中方法/水中方法/乾湿方法/高温方法/凍結融解方法)によって養生された供試体を用い、一軸圧縮試験を行って、事前養生期間、養生方法、セメント量の違いが、セメント改良土の強度変形特性に及ぼす影響について検討を行う。

2. 供試体と実験方法

本研究のフローチャートを図-1に示す。供試体作成には、有明粘土($G_s=2.65$)を用い、改良材として普通ポルトランドセメントを利用した。含水比200%に調整した有明粘土に75, 100, 150 kg/m³のそれぞれのセメント添加量となるように水セメント比1:1で作成したセメントスラリーを加え、ミキサーによって、有明粘土とセメントスラリーを十分に混練

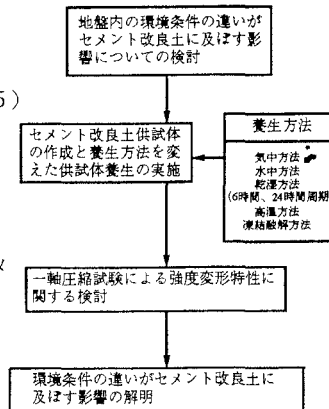


図-1 研究のフローチャート

表-1 供試体の養生条件

セメント量	75(kg/m ³)										100(kg/m ³)										150(kg/m ³)									
	養生日数										7日										28日									
7日	乾湿養生6H	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	乾湿養生24H	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	高温養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	凍結融解養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	気中養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
28日	水中養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	乾湿養生6H	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	乾湿養生24H	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	高温養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本
	凍結融解養生	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本	3本

表-2 養生方法

養生条件	養生諸条件	養生場所
気中	室温20℃、湿度90%で養生	養生箱 (ビニールで密閉)
水中	水温20℃で養生	水槽
乾湿	水温20℃ ⇔ 室温20℃ 湿度60% (6時間周期、24時間周期)	水中⇔恒温室
高温	室温40℃、湿度80%で養生	恒温恒湿機 (ビニールで密閉)
凍結融解	室温-10℃⇔室温20℃ (15時間) (9時間)	恒温恒湿機 (ビニールで密閉)

する。その後、内径5 cm、高さ10 cmのモールドに4層程度に小分けして振動台の上で充填し、供試体を作成する。供試体の作成条件を表-1に示す通りである。1日経過後モールドから供試体を脱型し恒温室で、7日、28日間、事前養生をした後、以下の5つの養生方法(気中、水中、乾湿、高温、凍結融解)で実験を行い、養生期間7日、28日、56日、91日、182日間養生する。5つの養生方法の条件を、表-2に示している。ここで、気中方法は、供試体をビニールに入れ室温20℃、湿度90%前後の養生箱で行う方法である。水中方法は、20℃の水中で養生する方法である。乾湿方法は、水槽を用いて、タイマーによる水の出入りを制御することにより、室温20℃、湿度60%の恒温室と20℃の水中に供試体を6時間、24時間の2つの時間周期で乾湿を繰返しながら養生する方法である。高温方法は、室温40℃、湿度80%の恒温恒湿機で養生する方法であり、凍結融解方法は、室温-10℃で15時間養生後、20℃で9時間養生を1サイクルとして凍結と融解を繰返しながら恒温恒湿機で養生する方法である。各養生方法において所定の養生期間を終えた供試体について一軸圧縮試験を行う。また、今回の実験では各条件につき3本の供試体を用いた。

3. 実験結果と考察

図-2に事前養生28日、耐久試験日数28日におけるセメント量の違いに着目した一軸圧縮強さ q_{umax} とセメント量の関係を示す。いずれの養生方法、養生期間においてもセメント量が多い方が強度が増加している。図-3にセメント量の異なる気中方法の強度の推移を示す。養生日数が経つにつれてセメント量の差が顕著に見られ、養生数が7日では強度が著しく増加しているが、セメント量75、100 kg/m³では養生日数が28日になると強度発現の勾配が落ちつく傾向が見られる。そこで、セメント量100 kg/m³の供試体の事前養生について着目

した供試体打設後の養生日数と $q_{u,max}$ の関係を図-4に示す。図-3で示している結果から考えると、事前養生7日では、強度が発現途中であるため乾湿の影響よりも強度発現の影響をより受けていると見られ、事前養生28日では、ある程度強度が発現しているため強度発現の影響よりも乾湿の影響をより受けていると考えられる。そこで、養生方法の違いに着目し、セメント量 100 kg/m^3 、事前養生28日後の耐久試験日数と $q_{u,max}$ の関係を示した。図-5に水中方法、図-6に乾湿方法6時間周期、図-7に乾湿方法24時間周期による事前養生28日終了後の一軸圧縮強さと耐久試験日数の関係を示している。これらの図より、いずれの養生方法ともに実験データのばらつきを考慮しても、耐久試験日数が進むと、強度低下を生じていることがわかる。耐久試験開始直後から、強度低下率の最も著しい養生方法は、乾湿方法24時間周期で、これは乾燥される時間が長いために供試体の内部まで乾湿の影響が現れたためと考えられる。乾湿方法6時間周期については、3方法の中で最も強度の低下が見られない。また、この方法による供試体は、水中方法と同様に事前養生28日、耐久試験56日、合計84日以降に養生方法の違いが供試体の一軸圧縮強さに現れ始めており、セメントの強度発現が耐久試験の影響を上回っているためと考えられる。図-8に全養生方法における各条件の平均値をとった $q_{u,max}$ と耐久試験日数の関係を示す。高温方法は他の養生方法に比べ強度発現が早く、凍結融解方法は極端に強度発現がない。また、乾湿方法と水中方法はともに気中方法よりも弱いことがわかる。

4. まとめ

①セメント量の違いについて着目すると、いずれの養生方法、養生期間についてもセメント量が多い方が強度が増加する。②事前養生の違いについて着目すると、事前養生7日では乾湿の影響よりも強度発現の影響をより受けていることがわかるが、事前養生28日では強度発現の影響よりも乾湿の影響をより受けていると考えられる。③水中方法、乾湿方法6時間周期、24時間周期ともに耐久試験日数進行とともに、強度低下を生じる。④養生方法の違いについて着目すると、高温方法が最も強度発現があり、凍結融解方法は極端に強度発現が認められない。乾湿方法、水中方法はともに気中方法よりも弱いことがわかる。また、耐久試験日数の少ない高温方法を除けば、その他の養生方法は、強度が低下する傾向が見られた。

【参考文献】

1) 堀尾他(1995)：セメント混合砂質土の強度特性に及ぼす乾湿繰返しの影響，第30回土質工学会研究発表会講演概要集，pp. 2209～pp. 2210

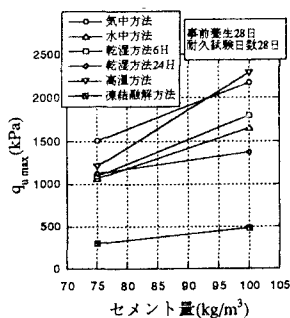


図-2 $q_{u,max}$ とセメント量の関係

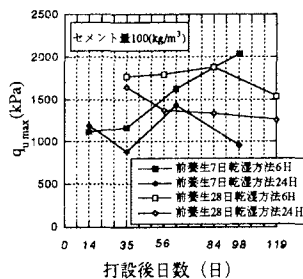


図-4 $q_{u,max}$ と打設後日数の関係

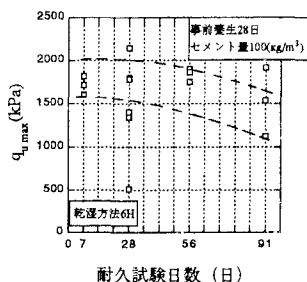


図-6 乾湿方法の強度推移 (6 H)

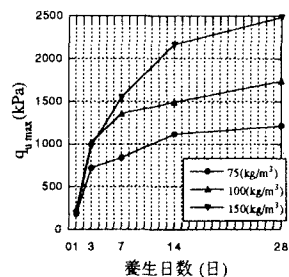


図-3 気中方法の強度推移

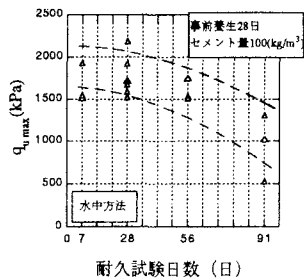


図-5 水中方法の強度推移

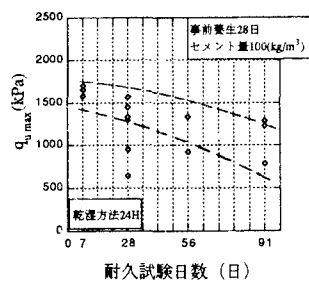


図-7 乾湿方法の強度推移 (24 H)

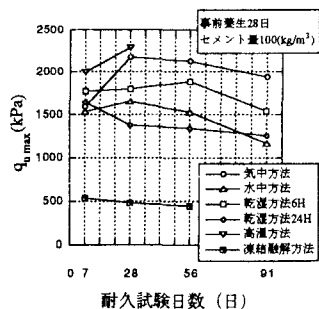


図-8 $q_{u,max}$ と耐久試験日数の関係