

セメント改良土の耐久性に関する実験的研究

福岡大学 学生員 ○満田好昭 正会員 佐藤研一
 福岡大学 正会員 吉田信夫 藤田祥弘

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。しかし、セメント改良を用いた軟弱地盤の改良は比較的歴史が新しく、改良体の長期的な安定性の検討の必要性が指摘¹⁾されている。そこで、環境の変化にともなうセメント改良土の耐久性を調べるため、普通ポルトランドセメントと有明粘土を用いた供試体に種々の耐久試験を行い、一軸圧縮試験によってその強度変形特性の解明²⁾を行ってきた。その結果、事前養生の違いによる影響、セメント量の違いによる影響などが明らかになり、耐久試験では、乾湿を繰返す場合が供試体の耐久性に大きく影響を与えるという結果を得た。そこで本研究では、セメント改良材として、粘土試料に有明粘土を用い、さらに、耐久試験では最も強度低下の著しい乾湿繰返し試験に着目し、耐久試験中の供試体の変形量の計測から、その影響要因を解明することを主な目的とする。

2. 実験概要

耐久試験に用いる供試体の作成は、まず粘土試料として、有明粘土 ($G_s=2.65$) を、初期含水比を $w_i=200\%$ に調整する。その後、セメント添加量 100kg/m^3 になるように、セメント系固化材を水セメント比 $1:1$ に調整したセメントスラリーを、ミキサーによって試料と十分に混練させる。その後、内径 5cm 、高さ 10cm 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、1 日経過後、モールドから供試体を脱型し、恒温恒湿室において 28 日間気中養生を行う (以後、事前養生とする)。その後、気中方法、水中方法、塩水方法、凍結融解方法 (-10°C 、15 時間 $\sim 20^\circ\text{C}$ 、9 時間)、乾湿方法 (6 時間周期、24 時間周期、48 時間周期) の 5 つの耐久試験方法で耐久試験を実施し、耐久試験日数 7 日、28 日、56 日、91 日、133 日目においてそれぞれ一軸圧縮試験を行う。また、乾湿方法と凍結融解方法の 2 つの耐久試験においては、耐久試験中における供試体の高さ、直径、重量を計測しその平均から供試体の形状変化を求める。

3. 実験結果および考察

各耐久試験の影響評価を行うために、気中方法の最大圧縮応力 q_{umax} を基準強度 q_{u0} として、耐久日数 7 日目、56 日目における耐久試験方法の q_{umax} に対する強度比でまとめたものを図-1 に示している。また、

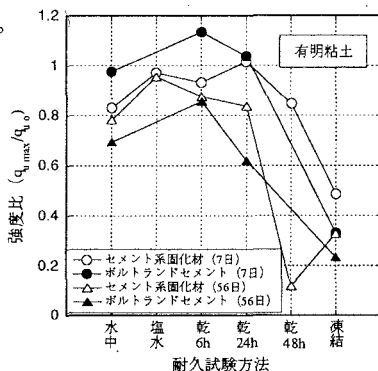
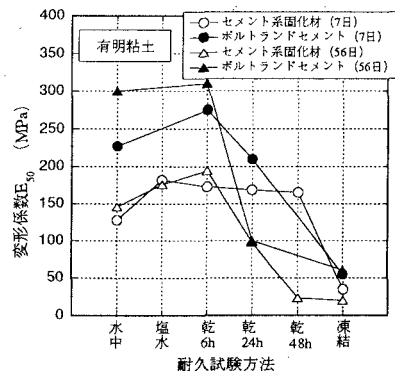


図-1 各耐久試験と強度比の関係

図-2 各耐久試験と変形係数 E_{s0} の関係

同時に普通ポルトランドセメントの結果も示している。普通ポルトランドセメントにより作成した供試体では凍結融解方法と乾湿方法 24 時間周期は耐久試験の影響を大きく受けている。また、セメント系固化材により作成した供試体は、凍結融解方法、特に乾湿方法 48 時間周期の供試体は強度低下が著しい。つまり、ポルトランドセメント及びセメント系固化材ともに、乾湿繰返しと凍結融解繰返しが供試体の劣化に大きな影響を与えていることがわかる。次に、図-2 には耐久日数 7 日目、56 日目における各耐久試験と変形係数 E_{s0} の関係を示している。この図より、乾湿及び凍結融解繰返しが、一軸圧縮強さ同様、供試体の剛性を著しく低下させていることがわかる。普通ポルトランドセメント、セメント系固化材により作成された供試体は、各耐久試験における一軸圧縮強度及び変形係数について、セメントの違いによる各耐久試験の耐久性に対する抵抗に大きな違いはないといえる。

ここで、今回耐久試験において最も強度低下の著しかった乾湿方法について、その乾湿時間周期に着目し考察を行った。

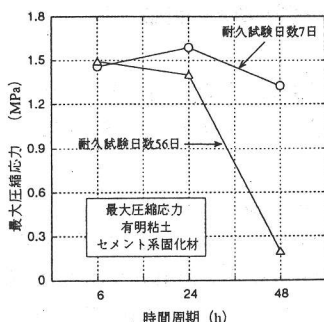


図-3 乾湿時間周期と最大圧縮応力の関係

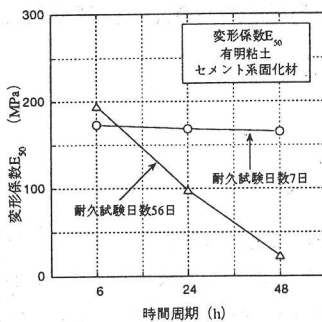


図-4 乾湿時間周期と変形係数 E_{50} の関係

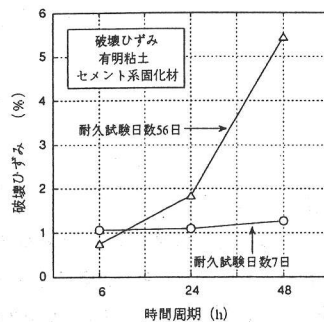


図-5 乾湿時間周期と破壊ひずみ ϵ_f の関係

間周期に着目し考察を行った。耐久日数7日目、56日目における最大圧縮応力 q_{umax} 、変形係数 E_{50} 、破壊ひずみ ϵ_f と乾湿時間周期の関係を、それぞれ図-3、図-4、図-5に示す。これらの図から、最大圧縮応力 q_{umax} 、変形係数 E_{50} は乾湿時間周期が長くなるほど低下しており、破壊ひずみ ϵ_f は大きくなることがわかる。特に耐久日数が進むほど、強度劣化が進んでいることから、乾湿時間周期が長くなるほど供試体の耐久性が失われるといえる。そこで、乾湿繰返し時の供試体の変化状況の観察を行った。観察は、耐久試験中において供試体が水中にあり、最も膨潤した状態と、気中にあり最も乾燥したそれぞれの状態において直径、高さ、重量の計測を行った。図-6、図-7に乾湿方法(6h、24h、48h)の重量変化と、乾湿48時間周期における直径及び高さの変化をそれぞれ示す。写真-1に乾湿繰返しによる供試体の形状変化を示す。直径・高さ・重量の変化量は、各時間周期でほぼ一定となっており、時間周期が長くなるほどその変化量は大きくなる。乾湿方法では、乾湿の繰返しにより供試体上部よりクラックが発生する。その結果、供試体表面が脆くなり、供試体の上部から崩壊が始まる。一方、上部と比較すると下部ではほとんど変化がない。これは、供試体下部では、上部に比べ乾湿繰返しが十分に行われていないということになる。供試体内の水分は、乾燥時に重力に従い降下する。その結果、供試体上部では絶乾状態になっているのに対し、供試体下部では表乾状態を保っていると考えることができる。表乾状態を保っている供試体下部では、乾湿繰返しの影響をほとんど受けず、それによりクラックの発生も抑えられていると考えられる。つまり、乾湿繰返しによる劣化は、供試体内の水分移動の影響は大きく、主に上部で発生することが明らかになった。

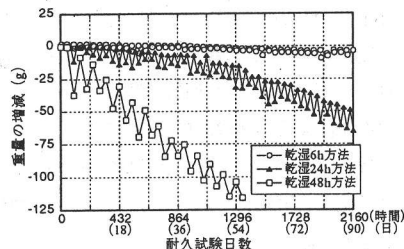


図-6 乾湿方法における重量変化

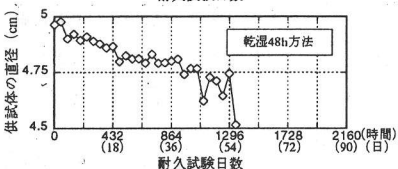
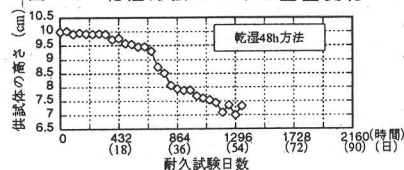


図-7 供試体の高さ・直径の経時変化

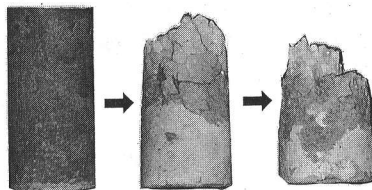


写真-1 乾湿繰返しによる供試体の形状変化

4.まとめ (1) 今回行った耐久試験方法において、乾湿繰返しはセメント改良土の力学特性に影響を与え、特に乾湿の時間周期が長くなると供試体の耐久性は失われる。(2) セメントの種類の違いによるセメント改良土の耐久性にその差はほとんど見られない。(3) 乾湿を受ける地盤では、時間周期が長くなるほど重力による水分降下などで、セメント改良土表層部内の水分の変動量が大きくなると考えられる。これが変形量の増加、クラックの発生を促し、強度低下を引き起こすため、地盤表層部では深層部以上のセメント改良の補強が必要である。

【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回土質工学研究発表会講演概要集、pp.2209~pp.2210 2) 佐々木他 (1996) : 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、平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.458~pp.459