

定常浸透状態における高炉水砕スラグの強度・透水特性

山口大学大学院 学生会員○村上剛敏, 山口大学 正会員 松田博, 高宮晃一,
 復建調査設計(株) 正会員 来山尚義, 山口大学大学院 学生員 大平尚美,
 日本基礎技術(株) 正会員 片山章徳, 山口大学大学院 中山和昭,
 長棟興産(有) 正会員 中野恭夫

1.はじめに

軟弱地盤改良工法として用いられているサンドコンパクションパイル(SCP)工法およびサンドドレーン(SD)工法には、強度・透水性の優れた良質の砂が大量に必要とされている。しかし、近年は海砂の採取が難しく、その確保が容易でない現状にある。一方、銑鉄の生産過程において生成される高炉水砕スラグは、均質で大量に供給可能であることから海砂の代替材料としての利用が考えられる。すでに高炉水砕スラグの物理的性質、締め固め特性、透水特性およびせん断特性等について報告されている¹⁾が、高炉水砕スラグのSCP工法等への適用例は少なく、明確にされていない点が多い。そこで、SCP工法等においては砂杭が定常浸透状態にあることから、同条件下での高炉水砕スラグの潜在水硬性の発現過程を調べることを目的として、供試体内を海水が常に浸透した状態で養生が可能な装置²⁾を使用し、実験を行った。

2.実験装置

養生装置の概要を示したものが図-1であり、養生容器を示したものが図-2、図-3である。供試体は直径50mm、高さ100mmの円柱形で、供試体の上面および下面には多孔板を有する載荷板および底板を設けてある。また、実験に際しては、供試体とモールドの間で生じる摩擦の影響を出来る限り取り除くために、まずモールドと底板およびモールドと載荷板の間で生じる相対変位に対する拘束を自由にするとともに、モールドの内面にはあらかじめシリコングリースを塗布した後、厚さ0.25mmのメンブレンをはりつけた。そして、養生中は盛土荷重を想定して重錘により供試体に軸荷重を負荷した。さらに、SCP工法において砂杭中を海水が浸透することを想定し、供試体上面から所定の流量の海水を注入して供試体内を浸透状態に保った。

3.試料および実験方法

今回の実験で使用した高炉水砕スラグは $\rho_s=2.624\text{g/cm}^3$ 、 $e_{\max}=1.521$ 、 $e_{\min}=1.043$ である。供試体は、プラスチック製モールドを海水で満たした後、脱気した高炉水砕スラグを所定の相対密度(80%)となるように詰めて作成した。供試体に負荷する載荷重は50kPaとした。流量は実際の現場を想定して決定した。すなわち、サンドドレーン打設地盤(杭間隔約1.8m、杭径0.5m)において、杭頭部が4ヶ月間に約4m(圧密度80%)の沈下が生じると想定した場合の、圧密期間中の平均流量 $0.8\text{cm}^3/\text{min}$ 、およびサンドコンパクションパイル打設地盤(杭

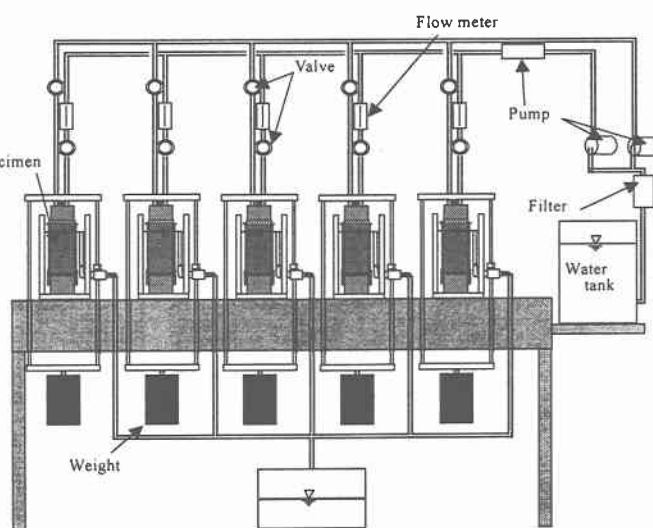


図-1 養生及び透水試験装置

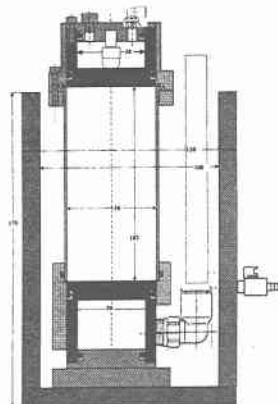


図-2 養生容器

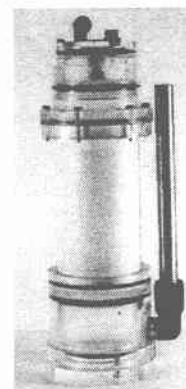


図-3 養生容器(写真)

間隔約 1.8m、杭径 2m、置換率 30%)において、杭頭部が 4 ヶ月間で約 2.5m(沈下低減率 0.625、圧密度 80%)の沈下が生じると想定した場合の 4 ヶ月後の流量 $0.03\text{cm}^3/\text{min}$ とした。また、比較のために非通水(流量 $0\text{cm}^3/\text{min}$)の場合の実験も行った。養生期間は最長 1 年間とし、養生後、定水位透水試験を行った。透水試験終了後、養生容器から供試体を取り出し、圧密排水三軸圧縮試験を行った。三軸圧縮試験は拘束圧 50kPa 、 100kPa 、 150kPa で、ひずみ速度 $0.3\%/\text{min}$ 、背圧 300kPa とした。

4.実験結果

図-4 は、pH の経時変化を示したものである。潜在水硬性の発現には pH が 11 程度必要である¹⁾。同図より、非通水では、明らかに pH が上昇しており、潜在水硬性が発現する条件を満たしている。これに対して通水を行った場合は、通水量 $0.8\text{cm}^3/\text{min}$ に比べて通水量 $0.03\text{cm}^3/\text{min}$ の方が pH が高くなっているがその差は小さく、時間が経過してもほとんど変化は見られない。

図-5 は、透水係数の経時変化を示したものである。透水係数は潜在水硬性が発現すると低下することが知られているが、1 年経過時においても、透水係数に大きな変化はみられなかった。これは、非通水の場合においても潜在水硬性発現の程度が小さく、透水係数の変化にまで至らなかったものと考えられる。

図-6 は、粘着力の経時変化を示したものであり、図-7 は内部摩擦角 ϕ_d の変化を示したものである。ここで養生 0 日においては $c_d=0$ として ϕ_d を求めた。また養生中においては、潜在水硬性により粘着力が生じるとして c_d および ϕ_d を求めた。図-7 より、通水量の相違が ϕ_d に及ぼす影響はほとんど見られず、ほぼ $\phi_d=35^\circ$ 以上となっている。一方、定常浸透状態に保った場合、 c_d は通水量にかかわらず $15\sim 20\text{kPa}$ 程度であるが、非通水の場合は $c_d=30\text{kPa}$ 以上となって、潜在水硬性による強度発現が見られる。

5.まとめ

非通水で養生を行なうと 5 ヶ月経過時において養生水の pH は 11 程度まで上昇し、潜在水硬性による強度増加が見られた。それに対して、定常浸透状態にある場合、スラグ粒子間の間隙水が常に移動しているため pH は上昇せず、潜在水硬性が抑制され強度増加は生じない。

参考文献

- 1) 財団法人沿岸開発技術センター，鉄鋼スラグ協会：港湾工事用水砕スラグ利用手引書，平成元年 8 月。
- 2) 来山尚義，松田博，是石倫明，柳原正和，中野恭夫：高炉水砕スラグの潜在水硬性に及ぼす浸透の影響，第 52 回土木学会中国支部研究発表会発表要集，pp.337-338，2000.6。

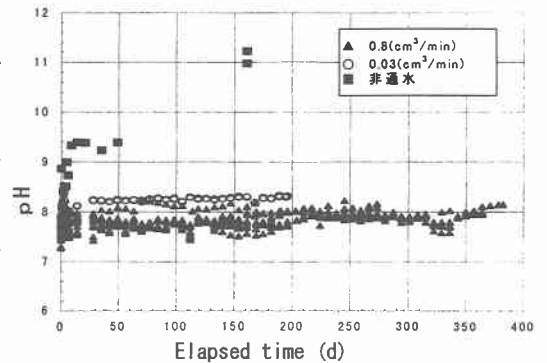


図-4 pH の経時変化

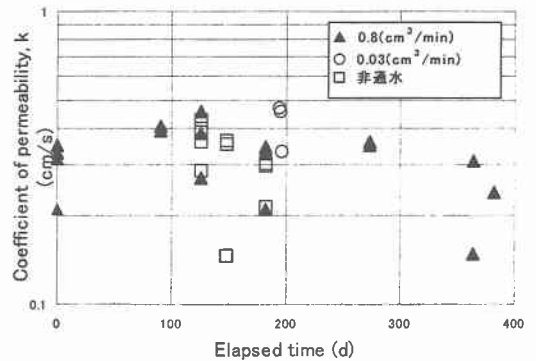


図-5 透水係数の経時変化

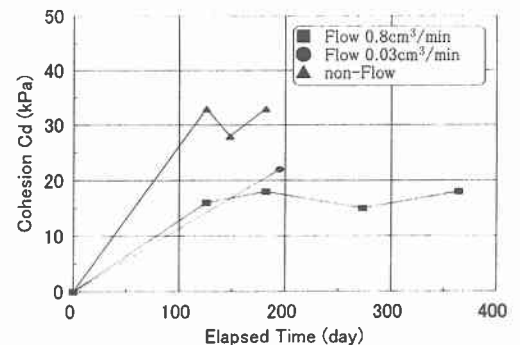


図-6 粘着力の経時変化

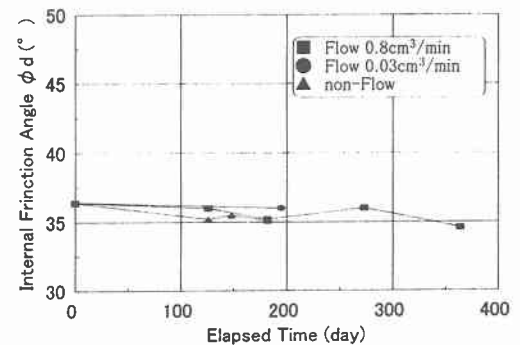


図-7 内部摩擦角の経時変化