

細粒分を含む地盤の薬液注入形態と強度特性

早稲田大学 正会員 赤木寛一
 早稲田大学 学生会員 ○竹内 惇
 ケミカルグラウト(株) 正会員 高橋正光

1. はじめに

薬液注入による地盤改良は理想的な注入形態である浸透注入，すなわち土の間隙中に注入材が浸透し間隙水を注入材で置き換えた状態で注入が生じることを前提としている．しかし，実際の注入では必ずしも浸透注入状態にはならず，細粒分を含む地盤では割裂注入が生じて注入材が地盤に不均一に入る場合も多い．ここでは，細粒分含有率を調整した試料を用いて，注入試験・モールドによる混合試験を実施し地盤材料の細粒分含有率の違いが薬液の浸透や固結砂の強度にどのような影響を与えるかを調査した．

2. 実験概要

表1 試料の物性値

細粒分含有率の異なる試料	土粒子密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	透水係数 (cm/s)
試料 A	2.59	1.41	1.85×10^{-4}
試料 B	2.58	1.39	4.63×10^{-5}
試料 C	2.54	1.34	2.04×10^{-5}

(1) 試料の物性値

本実験では細粒分含有率の異なる試料として，珪砂 5,6 号，珪砂 6,7 号，珪砂 7,8 号をそれぞれ重量比 1:3 で混合したものに対して，細粒分として木節粘土をそれぞれ重量比で 10%,20%,30% 混合したものを，それぞれ試料 A，試料 B，試料 C として用いた．それぞれの試料の物性値を表

1 に示す．注入薬液は中性酸性系の水ガラス薬液を使用した．配合表を表 2 に示す．なお，本実験でいうシリカ濃縮率とは表 2 の配合時の注入薬液で試料の間隙を全て充填したときのシリカ濃度を 100% とし，それに対する試料の間隙に存在するシリカ濃度の割合を表す．

(2) 実験方法

試料 A,B,C を用いて薬液に含まれるシリカ濃度と固結砂の強度の関係を実験的に調査した．モールド(高さ 100(mm)，直径 50(mm))内に，予め試料を水中落下法で入れた際の間隙体積を求めておき，その間隙体積に対する薬液のシリカ分(以下，シリカ濃縮率と呼ぶ)を 20%，40%，...，100% となるように濃度調整した薬液をモールドに入れる．そこへ，試料をモールドに投入し供試体を作成する(混合式供試体)．注入試験は，高さ 300 (mm)，直径 100 (mm) のモールドを用い図 1 に示すような試験装置を用いて行なった．また，注入試験は図 2 のように下端から平面的に注入する方法(平面式)と，実際の薬液注入を模した供試体内に注入ロッドを立てロッドから注入する方法(ロッド式)の二つの方法により作成した．それぞれ作成した供試体を，28 日間水中養生させた後に，一軸圧縮試験により供試体の強度を調査し，その後 ICP 発光分析装置により，シリカ濃縮率の測定を行った．

3. 実験結果と考察

予めシリカ濃縮率を 20%，40%，...，100% となるように調節した試料 A，試料 B，試料 C を用いて作成した供試体の一軸圧縮強度を測定した結果を図 3 に示す．図 3 から全ての試料に対して，シリカ濃縮率が大きくなるにつれ一軸圧縮強度の値も大きくなっており，細粒分含有率の違いに関係なく全ての試料でシリカ濃縮率と一軸圧縮強度の関係は比例に近い関係になることがわかる．また，それぞれの試料のシリカ濃縮率 100% のとき，つまり間隙が全て薬液で置き換えられた理想的な浸透注入が行われたとしたときの一軸圧縮強度を 1 として，それぞれの試料ごとに各シリカ濃縮率の強度比を求めたものを図 4 に示す．

また，平面注入とロッド注入後の試料から切り出した供試体に関する一軸圧縮試験による各試料の強度比と細粒分含有率の関係を図 5 に示す．ここで，強度比とは注入式・ロッド式供試体の一軸圧縮強度と混合式供試体のシリカ濃縮率 100% のときの一軸圧縮強度の比であり，理想的な浸透注入状態に対する割裂注入を伴う固結砂の一軸圧縮強度の比である．さらに，細粒分含有率の異なる各試料を用いて作成したそれぞ

供試体 薬液 加圧装置

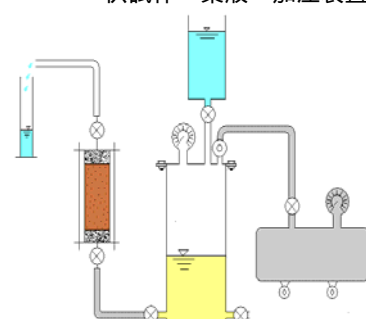


図1 試験装置概略図

平面式 ロッド式 ロッド

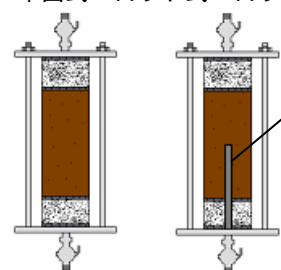


図2 供試体概略図

キーワード 薬液注入，一軸圧縮強さ，細粒分

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 TEL 03-5286-3405

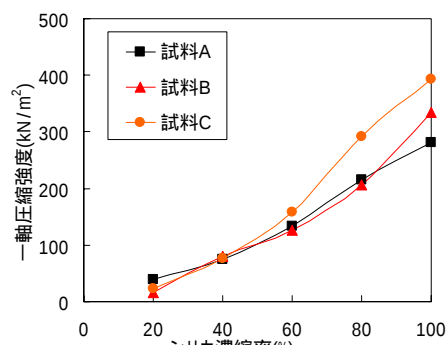


図3 シリカ濃縮率と一軸圧縮強度の関係

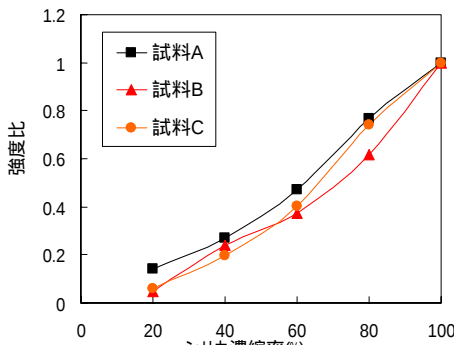


図4 シリカ濃縮率と強度比の関係

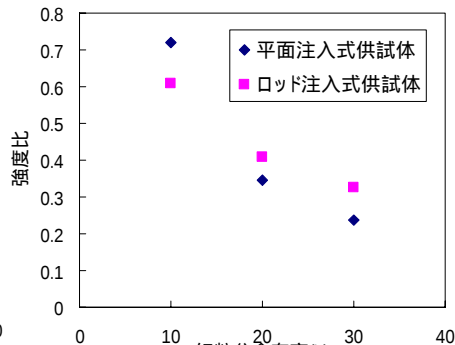


図5 細粒分含有率と強度比の関係

れの供試体の一部を採取し、ICP 発光分析装置によってシリカ濃縮率の測定を行った結果を図 6 に示す。この図 6 から、平面注入式供試体は細粒分含有率が大きくなるにつれてシリカ濃縮率が次第に小さくなることがわかる。一方、ロッド注入式供試体は平面注入式よりシリカ濃縮率は大きく、細粒分量による変化は小さい。図 5 と図 6 の結果をもとに、各試料のシリカ濃縮率と強度比の関係を求め、混合式供試体と合わせて比較するために図 4 上にそれぞれの値をプロットしたものを図 7, 図 8 に示す。各試料の平面注入式供試体の値をプロットしたものを図 7, ロッド注入式供試体の値をプロットしたものを図 8 に示す。図 7, 図 8 から、細粒分含有率の異なる各試料において、平面注入式供試体は混合式供試体に比較して、強度比が大きくなることがわかる。一方、ロッド注入式供試体の強度比は逆に小さくなるがわかる。

平面注入式供試体は、同じシリカ濃縮率の混合式供試体に対して強度が大きくなり、ロッド注入式供試体の場合は強度が低くなる原因は、それぞれの供試体の注入方法に対応した割裂によって生じる固結砂の密度の違いによるものと推測される。ロッド注入式供試体の作成においては、注入ロッド付近で供試体を切り出したため、供試体内部に大きな割裂を含んでいる。注入薬液のゲルタイムが長いので、割裂部分は薬液が固結する前に、上部の試料が割裂部分に沈降する様子が観察された。すなわち、その部分の固結砂の密度が極端に小さくなり、割裂部分から破壊が生じたものと考えられる。また、平面注入式においては下端から平面的に注入したため、下から供試体が絞め固められたような状態になったものと考えられる。

そこで、それぞれの供試体の乾燥密度を調査した。平面注入式供試体は、細粒分含有率の異なる各試料において供試体の上・中・下の 3 点について乾燥密度を測定し、得られた平均値を図 9 に示す。また、ロッド注入式供試体は、各試料において注入口から 0, 1, 2, ...5cm の場所で乾燥密度の測定を行った結果を図 10 に示す。図 9 から、各試料において平面注入式供試体の乾燥密度が混合式供試体の乾燥密度とほぼ同等か、やや大きくなるがわかる。また、図 10 においては、ロッド注入時にはロッド近傍において乾燥密度が小さくなっていることが確認できる。

4. まとめ

細粒分を多く含む砂地盤に薬液注入を行った場合の注入形態と強度特性は、以下のように要約できる。

- (1) 細粒分を含む地盤の薬液注入時には、割裂が発生する。
- (2) 割裂部分の密度が極端に小さくなるので、同じシリカ濃縮率の浸透注入が行われた時の薬液固結砂と比較すると、強度が低下する。

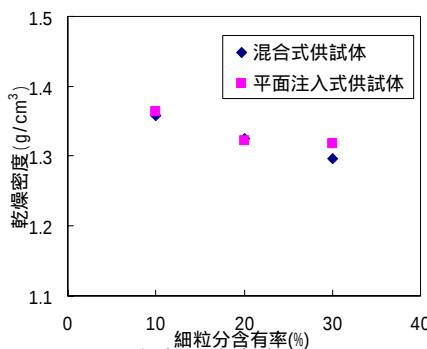


図9 細粒分含有率と乾燥密度の関係(平面式)

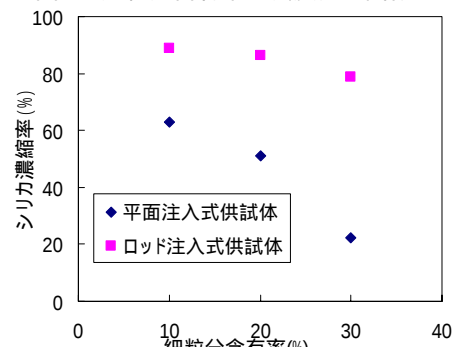


図6 細粒分含有率とシリカ濃縮率の関係

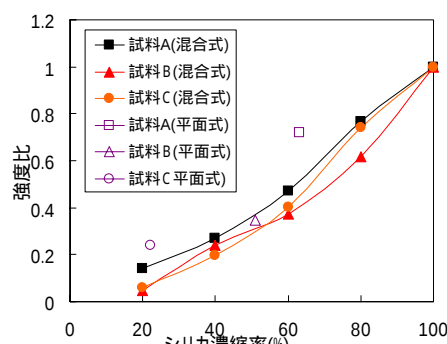


図7 シリカ濃縮率と強度比の関係(平面式)

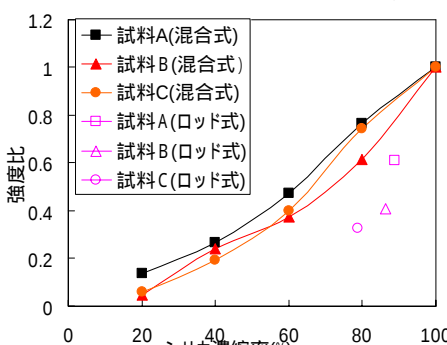


図8 シリカ濃縮率と強度比の関係(ロッド式)

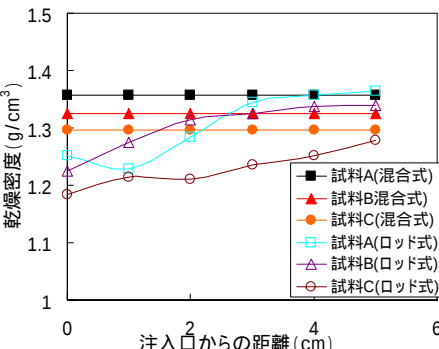


図10 注入口からの距離と乾燥密度の関係(ロッド式)

参考文献

赤木, 竹内, 高橋(2006): 薬液を混合した細粒分を含む土の力学特性 第 41 回地盤工学研究発表会