

薬液改良体の薬液注入速度を変えた圧縮応力の評価

東京都市大学 学生会員 ○吉野広汰

東京都市大学 正会員 末政直晃

強化土エンジニアリング(株) 正会員 佐々木隆光

1. はじめに

液状化対策工法のひとつに薬液注入工法が挙げられる。この工法は、薬液を低圧で注入し、地盤の骨格を変えずに地盤内の間隙水を薬液と置換することで、地盤を改良する工法である。しかし、日本では様々な地層が複雑に堆積している。そのため、同じ速度で注入しても注入圧力が変化し、地盤中の地下水による移流拡散現象が生じる場合がある¹⁾。薬液注入における移流拡散現象とは、土粒子間に薬液を注入する際に、先行した薬液が、間隙水によって希釈される現象であり、改良強度が低くなる事や、薬液改良された地盤の強度にバラつきを生じさせる要因となる。本報告では、一次元浸透モールドに異なる注入速度で薬液を注入した供試体の一軸圧縮試験を実施し、注入速度が移流拡散現象に及ぼす影響を検討した。

2. 試験概要

本研究で使用した活性複合シリカコロイドの材料特性を表1に、配合表を表2に示す。配合表の上段は、400mlあたりの配合量(ml)であり、下段は材料の比重をかけた重量換算値(g)となっている。なお、薬液のシリカ濃度は6%であり、薬液のゲルタイムは約12時間に設定した。

薬液改良体は図1に示すモールドを用い、試料を所定量充填した後、上載圧20kPaを与えた状態で供試体を作製した。本試験では、移流拡散現象を検討するため、乾燥状態の試料に薬液を注入した供試体と、飽和状態の試料に異なる速度で薬液を注入した。

乾燥条件の供試体作製は、間隙を二酸化炭素に置換し、その後、薬液を土粒子の骨格を乱さないように下部から水頭差により注入した。

飽和条件では、間隙を二酸化炭素に置換した後、脱気水で飽和し、薬液タンクに空圧を加えることにより注入速度をコントロールしながら注入を行なった。なお、薬液の注入量に関しては、佐々木ら²⁾が土中ゲルタイム、注入量を変化させた実験において、300mlにおける一軸圧縮強度が最も高かったことから、注入量を300mlとした。なお、いずれの供試体も3日以上養生した後、脱型し、供試体が乾燥しないように、ラップで覆い、湿らせた脱脂綿を入れた容器で密閉した。

表3に本試験の試験条件を示す。試験に用いた試料は珪砂5号、珪砂6号、豊浦砂であり、全ケースにおいて相対密度は60%とした。

表1 配合に用いる材料の特徴

材料名	比重(15℃)	pH	外観
PRシリカ	1.32	11.5	粘性のある液体
ASFシリカー30	1.21	9~10	無色～淡白色液体
ASFアクターM	1.58	1以下	無色透明液体

表2 活性シリカ配合表

	400mlあたり				
	A液				
シリカ濃度	ASFシリカー30	ASFアクターM	水	PRシリカ	水
6%	9.5	16	174.5	60	140
重量換算値					
6%	11.495	25.28	174.5	79.2	140

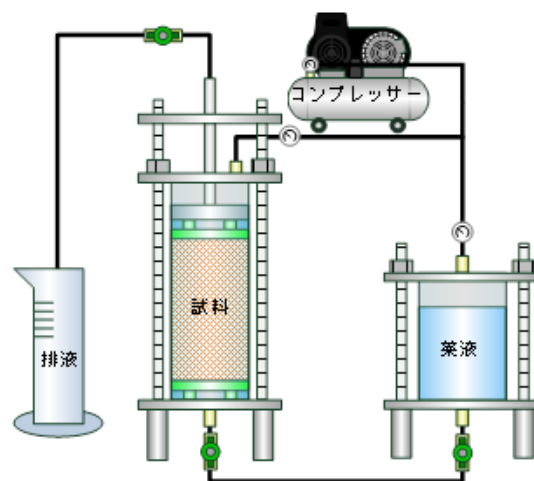


図1 供試体作製概要図

キーワード 薬液注入工法 注入速度 移流拡散現象

連絡先 東京都市大学地盤環境工学研究室 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-5707-0104

3. 試験結果

図2に注入速度と湿潤密度の関係を示す。それぞれのケースにおいてばらつきが見られるものの、注入速度が速くなるに従い、湿潤密度が低くなる結果となった。供試体を作成する際にはそれぞれの試料において同量の薬液を充填したことから、密度の違いは水よりも比重の大きい薬液が間隙内にどれだけ存在しているかを示している。これより注入速度が高いほど供試体内で水道のようなものを形成しやすく、間隙水を完全に薬液に置換できなかったことが原因であると考えられる。

図3に湿潤密度と一軸圧縮強さの関係を示す。珪砂5号、珪砂6号ともに、湿潤密度の増加に従い、一軸圧縮強さが増加する結果となった。これは湿潤密度が高いほどシリカ濃度が高くなるため、一軸圧縮強さも高くなったものと考えられる。豊浦砂に関してはばらつきが見られ、相関性が得られなかった。

図4に注入速度と一軸圧縮強さの関係を示す。ここで珪砂においては、注入速度の増加に伴って、改良強度がわずかに低下する傾向が見られたものの、その程度は小さく、一次元注入においては、注入速度は一軸圧縮強さにあまり影響しないという結果になった。これは、本試験に用いた試料の均等係数は小さく、細粒分を含まないことや、一次元条件では薬液が一方向に間隙水を押し出した事によると考えられる。一方、二次元平面土槽を用いた安部ら³⁾の研究では、注入速度や土中ゲルタイムと希釈倍率の関係が示唆されている。

3. まとめ

今回、注入速度と湿潤密度、湿潤密度と一軸圧縮強さにおいて相関性がみられた。しかし、注入速度と一軸圧縮強さには相関性がみられなかった。今後、均等係数や細粒分含有率、土中ゲルタイムが異なる試料を用いた一次元・二次元浸透試験を実施し、薬液の移流拡散現象の把握と、最適な注入速度や土中ゲルタイムの設定方法の検討を行う予定である。

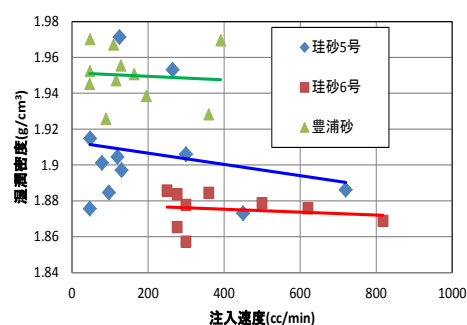


図2 注入速度と湿潤

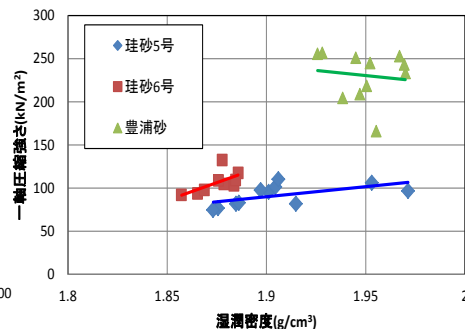


図3 湿潤密度と一軸圧縮強さ

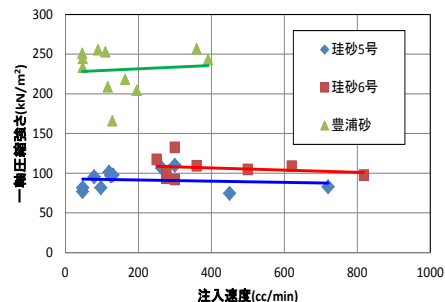


図4 注入速度と一軸圧縮強さ

<参考文献>

1) 社団法人 地盤工学会：はじめて学ぶ土壌・地下水汚染，pp122-128 丸善株式会社，2010。2) 佐々木隆光，小山忠雄，末政直晃：溶液型薬液注入材のゲルタイムが浸透性と改良強度に及ぼす影響，pp787-788, 第47回地盤工学研究会，2012。3) 安部利亮，末政直晃，中川健太郎，島田俊介，小山忠雄，佐々木隆光，平面土槽を用いた薬液の注入形状の把握，地盤工学研究発表会発表講演集 Vol.46th Page.ROMBUNNO.416 (2011)

表3 試験条件および結果

試料	ケース	供試体状態	注入速度 (cc/min)	最大圧縮応力 (kN/m²)	湿潤密度 (g/cm³)
珪砂5号	1-1	乾燥	低速	82.22	1.879
	1-2			119.13	1.932
	1-3			104.86	1.907
	1-4	飽和	47.0	76.76	1.876
	1-5		47.6	81.62	1.915
	1-6		78.9	95.38	1.901
	1-7		97.3	81.76	1.885
	1-8		120.0	101.18	1.904
	1-9		125.0	96.70	1.971
	1-10		130.4	97.50	1.897
	1-11		264.7	106.04	1.953
	1-12		300.0	110.05	1.906
	1-13		450.0	74.50	1.873
	1-14		720.0	82.81	1.886
珪砂6号	2-1	乾燥	低速	117.32	1.853
	2-2			117.39	1.886
	2-3	飽和	276.9	93.55	1.865
	2-4		276.9	102.95	1.884
	2-5		300.0	132.41	1.878
	2-6		300.0	91.92	1.857
	2-7		360.0	109.22	1.884
	2-8		500.0	104.66	1.879
	2-9		620.7	108.78	1.876
	2-10		818.2	97.63	1.869
豊浦砂	3-1	乾燥	低速	219.69	1.948
	3-2			250.59	1.949
	3-3			236.90	1.962
	3-4	飽和	46.3	250.97	1.945
	3-5		47.4	244.70	1.952
	3-6		47.6	233.38	1.970
	3-7		89.6	255.50	1.926
	3-8		109.8	252.87	1.967
	3-9		116.1	208.68	1.947
	3-10		128.6	165.91	1.955
	3-11		163.6	218.30	1.950
	3-12		195.7	204.31	1.938
	3-13		360.0	256.72	1.928
	3-14		391.3	243.13	1.969