

III-18 ブースター薬液注入ポンプを使用した薬液注入実験

東北学院大学 学生員 ○ 昆 威志
 谷口 陽信
 松山 信吉
 正会員 飛田 善雄 山口 晶

1. 研究の背景と目的

地盤に薬液注入を行う場合、割裂が発生し浸透注入が困難になることも少なくない。本研究では、薬液注入効果と種々の条件（地盤条件や、注入条件等のパラメータ）の関係を総合的に判断する基礎的な実験を行うこととした。薬液注入効果に影響を与える様々な因子の中から特に拘束圧と注入速度に注目した。アルバニー磁選砂を試料として利用し、ブースター運動薬液注入ポンプを用いて定量注入を行い、拘束圧と注入速度が、割裂発生に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

実験装置の概要を図-1に示す。上部のエアチューブに空気圧を加えることにより供試体に上載圧をかけた。

(1) ブースター運動薬液注入ポンプ

本実験で使用するブースター運動薬液注入ポンプは往復動ピストンポンプである。このポンプの駆動方式は空圧によるダイヤフラム式で作動方式は単動である。本研究で使したポンプの構造図を図-2、概要図を図-3に示す。

稼動回数と注入速度の関係の結果を示す。稼動回数 20 回/min の時 0.238 (l/min)、30 回/min の時 0.355 (l/min)、40 回/min の時 0.475 (l/min)、50 回/min の時 0.595 (l/min) となり、線形関係を示す。

(3) 試料の物性

実験に用いた試料はアルバニー磁選砂で、細砂分 95.25% である。試料土の粒度分布を図-4に示す。

(4) 薬液の配合

表-1に薬液の配合を示す。混合した薬液は pH4.3 を目標値とした。

(5) 実験手順

まず試料を注入槽へ各層 1000 回ずつ 8 層に分けて突く。次にエアチューブに空気圧をかけて供試体に拘束圧を加える (28kPa、42kPa、56kPa)。供試体に水を浸透させ飽和させる。注入量を 0.24 (l/min) から開始し、0.12 (l/min) ピッチで 0.60 (l/min) まで増加させ注入槽へ、水あるいは薬液の注入を開始する。

3. 水注入による注入圧の測定

拘束圧 28kPa の水注入実験結果 P-t 曲線を図-5に示す。拘束圧が 28kPa の条件では、注入速度 0.48 (l/min)、0.60 (l/min) のとき緩やかな右下がりの傾向を示している。従って、この注入条件では割裂が発生したと思われる。しかし、拘束圧 42、56 (kPa) のときは割裂は発生しなかった。したがって拘束圧 42、56 (kPa) のときは理想的な注入である浸透注入がなされたと言える。水を用いた注入実験では、注入速度が 0.48 (l/min) と 0.60 (l/min) のとき割裂圧 (Pc) はそれぞれ 40 (kPa)、50 (kPa) となった。この結果

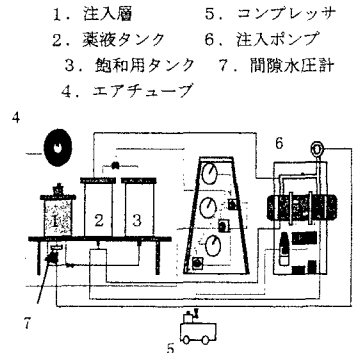


図-1 実験装置の概要

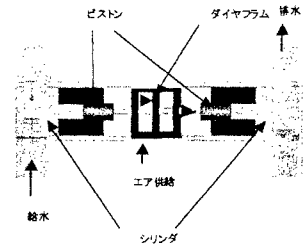


図-2 ポンプの概要

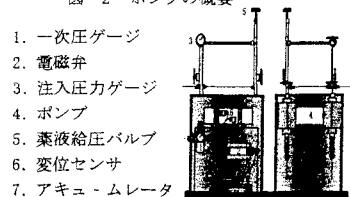


図-3 ブースター運動薬液注入ポンプ

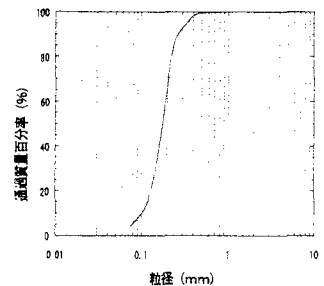


図-4 アルバニー磁選の粒度分布

から、拘束圧28(kPa)のように拘束圧が小さいと砂骨格の強度が小さくなり、注入速度0.24、0.36(l/min)の場合は砂骨格が耐えられるが、注入速度0.48、0.60(l/min)の場合は砂骨格が耐えきれず割裂が発生してしまう。拘束圧42、56(kPa)の場合はすべての注入速度の注入圧に耐え、割裂が発生しない。これは砂骨格の強度が大きくなるために、破壊が生じにくくなったためと考えられる。拘束圧が高いことで理想的な注入である浸透注入が行われると考えられる。

4. 薬液の注入条件と注入効果に関する実験

拘束圧28kPaの薬液注入実験結果P-t曲線を図-6に示す。注入速度0.48(l/min)、0.60(l/min)のとき緩やかな右下がりの傾向を示している。従って、この注入条件では割裂が発生したと思われる。室内における薬液注入実験は注入速度0.48(l/min)、0.60(l/min)のとき割裂が発生した。このときの固結体形状を観察すると、切断した断面においては注入管周りに脈状の跡は見られなかった。この結果から、割裂注入形態が卓越していたのではなく、割裂浸透注入の形態となって、理想的な浸透注入から割裂浸透注入への遷移条件を本実験では求めているものと考えられる。注入管周りの注入圧の変化が割裂浸透状況に至ると判断されても工学的には問題のない注入が行われることが示されている。

5. 固結体の一軸圧縮試験

図-7にそれぞれの実験での固結体の一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線を示す。左側から順に注入速度0.36、0.48、0.60(l/min)である。割裂が発生したと思われる注入速度0.48、0.60(l/min)の固結体よりも、割裂が発生しなかった注入速度0.36(l/min)の固結体の強度が高くなった。また、割裂が発生した固結体の中でも注入速度が遅いほど固結体の強度が強くなることがわかる。これは、割裂が発生すると、注入速度が速いほど砂骨格を崩し、強度を低下させるためと推定できる。

6. 結論

本研究では、割裂発生に及ぼす拘束圧と注入速度の影響に注目し、プースター運動薬液注入ポンプを使用して水注入による注入圧の測定を行い定量注入実験の結果を検討した。また、実験により固結した供試体の形状と一軸圧縮強度調べた。以上の結果から本研究の範囲内で次の結論を得ることができた。

- 1、注入実験において、浸透注入になる条件は注入を行う土の拘束圧が高くなるにつれて割裂圧が若干、大きくなる傾向が見られた。
- 2、シリカ濃度12%薬液をアルバーニ磁選砂に注入速度0.48(l/min)、0.60(l/min)の条件で注入を行ったところ注入圧の変化からは割裂が発生したと思われたが、固結体を観察したところ脈状の跡は見られなかった。実験において測定した割裂圧は、浸透注入形態から割裂浸透注入形態への遷移点であったと言える。
- 3、割裂が発生しなかった固結体の一軸圧縮強度が強くなることがわかった。また、割裂が発生したものでも、注入速度が遅いほど一軸圧縮強度が強いことがわかった。これは、注入速度が速いほど砂骨格を崩し、強度を低下させることが原因として考えられる。

種類		シリカ濃度		
		3%	6%	12%
A液	3号珪酸ソーダ	26ml	53ml	106ml
	水	374ml	347ml	294ml
B液	磁液	2.6ml	5.3ml	10.6ml
	硫酸バンド	11g	11g	11g
	水	480ml	480ml	480ml

表-1 薬液の配合表

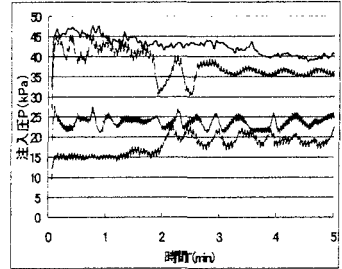


図-5 P-t曲線(水 28kPa)

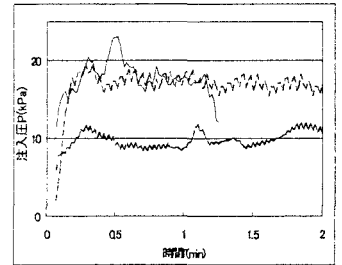


図-6 P-t曲線(薬液 28kPa)

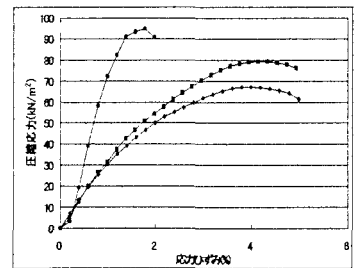


図-7 応力-ひずみ曲線