

Ⅲ-B206

透水係数が 10^{-4} 程度の地盤における薬液注入の基礎的実験

東北学院大学工学部 正会員 飛田善雄
 東北学院大学大学院 学生員 岡田和成
 日本基礎技術（株） 正会員 那須丈夫
 東北学院大学工学部 正会員 斎藤孝一

1. まえがき

比較的透水係数が低いシルト系地盤に薬液注入をする場合、割裂が発生し、浸透注入が困難となる場合も少なくない。薬液の濃度が低くなれば、浸透注入は比較的容易になるが、この場合、固結体の強度の低下が問題となる。本研究では、割裂の発生に及ぼす土の透水係数、乾燥密度、注入圧・注入量関係等の影響を明らかにするために、水を用いた注入実験を行った¹⁾。また、ゲル化時間の長い緩結性薬液（新中性グラウト高強度型）を用いて薬液の粘性の影響についても実験的に調べ、透水係数 k が 10^{-4} (cm/sec)程度のシルト系地盤に、良好な浸透注入を達成できる条件を検討した。

2. 実験概要

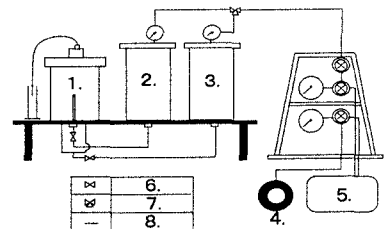
実験に用いた試料土は、土粒子の密度 $\rho_s=2.629\text{g/cm}^3$ 、有効径 $D_{10}=0.0253\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2.47$ である。表-1に薬液の配合を示す。混合した薬液の pH は 3.5、ゲルタイムは 200min を標準とした。図-1に実験装置の概要を示す。注入槽上部のエアチューブに 98KPa の空気圧を与えて供試体に上載圧を加え、供試体を飽和させた後、水あるいは薬液を注入した²⁾。注入は、各ステップ、注入圧一定とし、注入速度が一定となった時点の値を採用した。また、次のステップへの注入圧の増加は約 15(sec)で行った。図-2に試料土の透水係数と乾燥密度の関係を示す。ここでの透水係数 k_w は Maag の式³⁾より逆算した値である。試料の乾燥密度が高くなるにつれ透水係数が小さくなっている。この結果から、 k_w を 10^{-4} (cm/sec)程度に近づけるためには $\rho_d=1.30\text{g/cm}^3$ とすればよいことが分かる。

3. 水注入による注入量の測定

図-3は、密詰め、緩詰め供試体に、各ステップ、注入圧一定で水注入したときの注入圧と注入速度の代表的結果を示す。注入初期では、供試体の ρ_d によらず直線的に増加しているが、注入圧がある値に達したところで注入速度が急増している。これは、割裂がおこり、浸透面積が増加し

表-1 薬液の配合

種類		シリカ濃度		
		6%	12%	22%
A液	3 珪酸ソーダ	53ml	106ml	200ml
	水	347ml	294ml	200ml
B液	硫酸	5.3ml	10.6ml	20ml
	硫酸・シンド	11g	11g	10g
	水	480ml	480ml	480ml



1. 注入槽(290mmX300mm) 2. 薬液タンク 3. 脱気タンク
 4. エアチューブ 5. コンプレッサー 6. 2方向バルブ
 7. 3方向バルブ 8. パイプ

図-1 実験装置概要

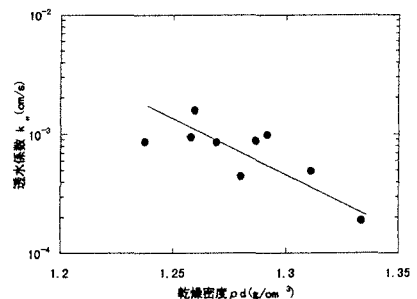


図-2 透水係数と乾燥密度

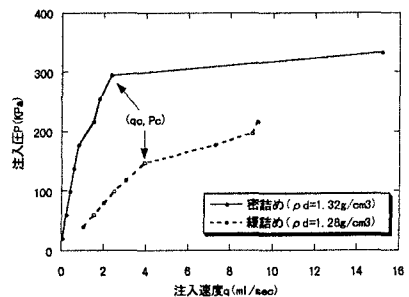


図-3 P-q 曲線

たことを意味すると考えられる。この点の圧力、割裂圧 P_c は、密詰め供試体では大きくなる傾向を示している。図-4は割裂圧 P_c と乾燥密度 ρ_d の関係を示す。この実験条件では、 ρ_d が大きくなると割裂圧が高くなることが分かる。

4. 割裂圧に及ぼす粘性の影響

試料の乾燥密度 $\rho_d = 1.30 \text{ g/cm}^3$ で、シリカ濃度を変えながら、各ステップ、注入圧一定で薬液を注入した。図-5に、粘性係数比と実験の配合によるシリカ濃度との関係を示す。ここで用いた粘性係数比とは、水の粘性係数 μ_w に対する比として求めたものである。シリカ濃度 6%では粘性係数比 1.37 であり、水の粘性と大きな差はない。しかし、12%を越えたところから粘性係数比が急激に大きくなっている。図-6に、各シリカ濃度での $P-q$ 曲線を示す。注入圧がある値に達すると注入速度が急激にはやくなっており、水注入の結果とほぼ同様な挙動を示しているが、シリカ濃度 12%では割裂圧がやや小さくなっている。これは、薬液の粘性が大きくなると微小な間隙を浸透することが困難になり、局所的な割裂が発生、進展すると考えられる。シリカ濃度 22%では、この試料においては注入自体が困難となり、注入圧 450KPa においても割裂は発生しなかった。図-7は、注入速度とシリカ濃度の関係を示す。どの注入圧ステップにおいてもシリカ濃度が増すと、薬液の透水係数が小さくなり、注入速度が遅くなる結果を表している。

5. まとめ

薬液注入における割裂の発生に及ぼす影響を明らかにするため、水と薬液の注入実験を行った結果、本実験の範囲内で次のことがいえる。

(1) 水注入実験において浸透注入になる条件は、試料土の乾燥密度に強く依存しており、密度が高くなるにつれて割裂圧は大きくなる傾向がみられた。

(2) シリカ濃度 6%では、割裂圧に及ぼす粘性の影響が小さい。したがって、注入圧約 250KPa までは水注入した場合と同程度の浸透注入が期待できる。

(3) シリカ濃度が 12%になると粘性が影響して割裂圧が低くなり、それ以上の濃度では、今回の試料に対しては注入が困難になった。

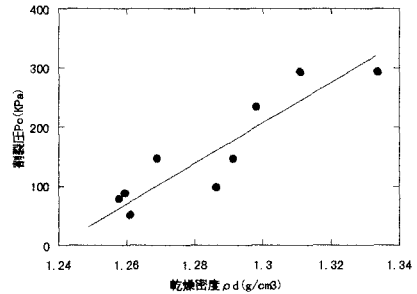


図-4 割裂圧 P_c と乾燥密度 ρ_d

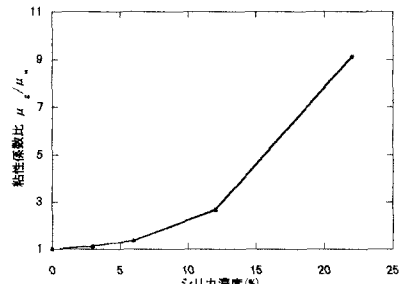


図-5 粘性係数比 (μ_g/μ_w) とシリカ濃度

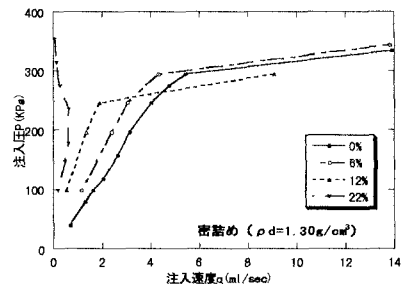


図-6 $P-q$ 曲線（シリカ濃度 0%~22%）

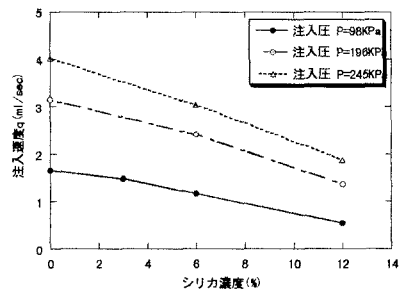


図-7 注入速度とシリカ濃度

参考文献

- 1) 土質工学会(1993)：委員会報告－薬液注入工法の予測手法と限界注入速度－薬液注入工法における注入効果の予測・確認手法に関するシンポジウム発表論文集、2-20
- 2) 熊谷浩二(1994)：砂地盤における薬液注入工法に関する基礎的研究、前田建設技術研究所報、Vol. 35-1
- 3) 土質工学会(1985)：薬液注入工法の調査、設計から施工まで