

注入固結砂の透水養生における強度変化

東洋大学大学院	学生会員	菊池 康裕
東洋大学工学部	正会員	加賀 宗彦
東洋大学工学部	研究生	手塚 知博
オープンシステムテクノロジー（株）		作田 洋祐
伊田テクノス株式会社		神田 晃

1. はじめに

今まで薬液注入工法は、ほとんどの場合、短期間の仮設目的で使用されてきたが、近年の注入技術の向上や注入材の研究の進展につれて、最近では既設構造物の支持、液状化対策などにも用途が拡大され、長期間の工事への使用も視野にとらえることができるようになった。それに伴って、注入材の長期耐久性の論議が始まり、本研究室でも溶液型薬液注入の耐久性に関する研究を行ってきた^{1) 2)}。

しかし、実際に薬液注入を行った改良地盤を一定期間経過した後、調査を行ってみると改良効果が保たれている場合と、注入材が無くなって改良効果が消えてしまっているケースが報告されている。その原因の1つが土中に存在する地下水によるものだと考えた。そこで本研究室では、注入固結砂に動水勾配 $i = 1$ 、 10 の2パターンの水圧をかけ、浸透圧による強度の経時変化について検討した。

2. 使用注入材および実験方法

(1) 実験材料

実験に用いた試料は、土粒子の密度 $\rho_s = 2.648$ (g/cm^3) の豊浦標準砂である。実験に用いた砂の粒径加積曲線を図-1に示す。

使用した注入材は、アルカリ領域で固結する注入材の代表としてグリオキザールを反応剤とした有機系注入材 (A20)、シリカ粒子を重合によって大きく成長させた耐久性に優れた特性を持つコロイダルシリカゾル系注入材 (CSN) である。注入材の物性は表-1に示す。

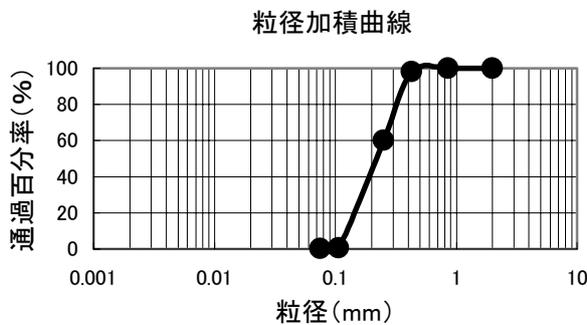


図-1 使用砂の粒径分布

表-1 注入材の物性

種類	密度 (g/cm^3)	SiO_2 /注入材体積 (g/cm^3)	ゲルタイム (min)
A20	1.239	0.203	10
CSN	1.200	0.323	30

A20：有機系注入材

CSN：コロイダルシリカゾル系注入材

(2) 供試体の作製方法と実験方法

供試体は高さ 10cm、直径（内径）5cm のモールドに豊浦標準砂を入れ水で飽和した後、注入材を圧力浸透して作製した。注入材がゲル化した後、供試体をモールドから脱型し、透水試験用の容器に入れ供試体の周りをベントナイトで満たし（図-2）、蓋をして水槽に設置した。（図-3）その後、所定期間（1日、3日、7日、14日、30日、55日）、一定温度（ 20°C ）で一定の浸透圧（動水勾配 $i = 1$ 、 10 ）をかけ、透水養生を行った。なお、温度を高くした促進養生も行って

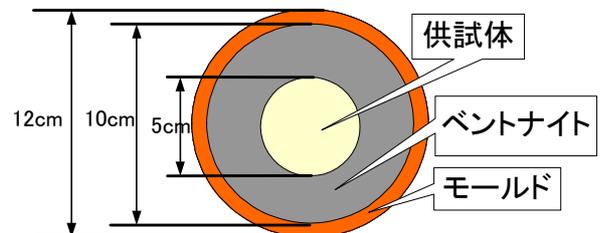


図-2 ベントナイトを詰めた状態

キーワード 注入 動水勾配 強度

埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部 環境建設学科 tel 049-284-0324 fax 049-231-4482

いるが、今回は養生温度 20℃について報告する。所定の養生期間に達した後、供試体を透水試験器から取り出し一軸圧縮強度試験を JIS A 1261 に準じて行い強度を測定した。

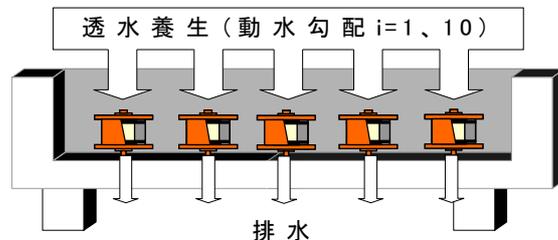


図-3 透水養生装置

3. 実験結果

図-4 に示すように、有機系注入材 A20 の初期強度は全て 1600kN/m²を示し、動水勾配 i=1 では 55 日で初期強度の 2/3 となり、静水圧状態と比べ 115 日も早い強度減少となった。動水勾配 i=10 では養生開始直後から強度が減少し、55 日で初期強度の 1/3 になっている。有機系注入材の場合、強度減少の原因はシリカの溶脱にあると考えられる。グリオキザール反応剤がカニツァロ反応によってグリコール酸に変わり、このグリコール酸によって水ガラスの Na イオンが取り除かれケイ酸を生成する。その後シラノール基 (Si-OH) を生成し、シラノール基同士がシロキサン結合をすることによって重合しゲル化する³⁾。このゲル化を構成するシロキサン結合が浸透圧によって破壊され溶脱し、強度減少したものと推測される。

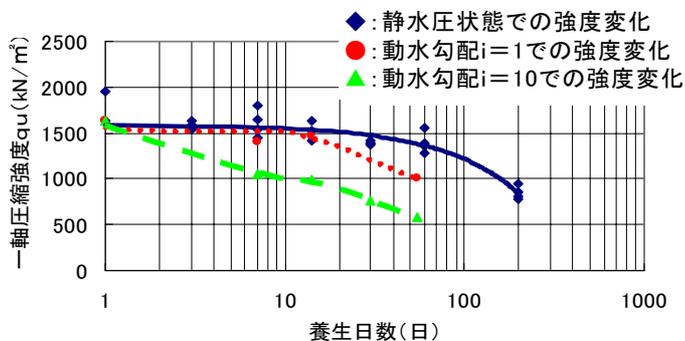


図-4 一軸圧縮強度と養生日数の関係 (A20、20℃)

コロイダルシリカゾル系注入材は経時的に強度増加をする特性がある¹⁾。図-5 に示すように初期強度は低いものの、養生日数が経過するにつれ強度が増加している。コロイダルシリカ粒子の大きさは直径約 100nm で、オルト珪酸イオン (SiO₄⁴⁻) 直径の約 100 倍である。このゲル構造は、有機系や酸性シリカゾル系とは異なり、蜂の巣状の構造となっている。このような構造は、浸透圧に対して容易に破壊されない³⁾。また、シリカ粒子の直径が大きくなることで比表面積は小さくなり、水との接触面積が少なくなることから、注入材の溶脱も少ない。したがってコロイダルシリカゾル系注入材は、浸透圧に影響されることなく強度増加を継続することが可能な注入材と考えられる。

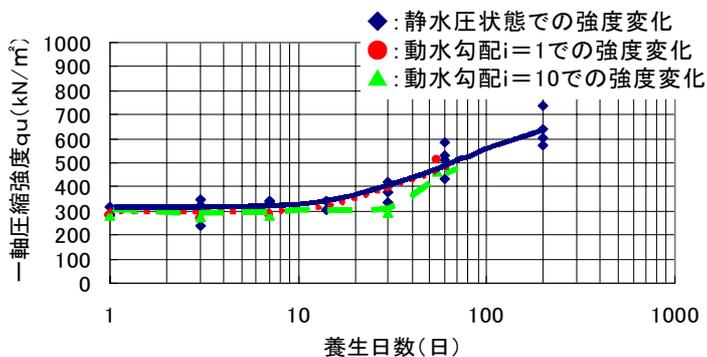


図-5 一軸圧縮強度と養生日数の関係 (CSN、20℃)

4. おわりに

本研究の結果、以下のことがわかった。

- 1) 有機系注入材 A20 の強度減少の原因は、ゲル化を構成するシロキサン結合が浸透圧によって破壊され溶脱したと考えられる。
- 2) コロイダルシリカゾル系注入材 CSN は、注入材の溶脱に対し、優れた耐久性を持つと考えられる。今後は、溶脱シリカの測定や更なる実験の積み重ねを行うことによって信頼性を上げたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 加賀宗彦・森麟：薬液注入におけるゲル化した注入材の安定性と固結強度の耐久性に関する研究、土木学会論文集、No. 496/V-24、pp31-40、1994. 8
- 2) 加賀宗彦：水ガラス系注入材の安定性と注入固結砂の長期強度予測、土木学会論文集、No. 652/III-51、pp195-205、2000. 6
- 3) 加賀宗彦：注入固結砂強度特性などに関連する水ガラス系注入材のゲル構造、土木学会論文集、No. 460/V-18、pp93-102、1993. 2