

高浸透水圧が作用する活性シリカコロイド系薬液注入固結砂の強度の耐久性

東洋大学 正会員 ○加賀 宗彦・大坪 紘一
 強化土エンジニアリング(株) フェロー会員 島田俊介
 ジャッテク(株) 正会員 小山 忠雄・木嶋 正

1. はじめに

溶液型シリカ系薬液注入材に関して注入材そのものの経時的な物理・化学変化や注入固結砂強度の経時変化のデータや耐久性の研究についてはすでに報告した^{1~4)}。その結果、特定の溶液型シリカグラウトでは浸透性の良い耐久性を持った注入材として使用出来ることが判っている。しかしながら、実際の注入改良地盤では大きな浸透水圧が作用する場合はこれまでの実験結果が実務面で適用できない場合も考えられる。特に今後予想される高浸透水圧下におけるトンネル掘削工事や大深度地下開発において溶液型シリカグラウトを用いて耐久性を持った強度と止水効果のある地盤注入が可能ならその有用性は大きい。その利点として被圧水下における掘削工事の安全性のみならず周辺地盤の地下水位の低下や地盤変位が抑えられまた本設後の漏水等の維持補修費が低減することができる。以上の課題を解決するために今回動水勾配(i)10の浸透水圧を作用させた状態で供試体を養生出来る試験装置を作製し今迄の研究結果で最も耐久性にすぐれている活性シリカコロイド系注入材を用いて注入固結砂の強度の経時変化を調査した。この装置は温度促進養生も出来る。この場合現場の注入改良厚さが10mであれば作用水頭(H)は100mに相当する。実験結果ではこのような大きな動水勾配の条件下でも活性シリカコロイド系注入材は他のシリカ系グラウトとは異なり経時的に強度増加をした。また、活性シリカコロイドはゲル化時間の調整可能な溶液型なので懸濁型とは異なり、透水性の小さい地盤にも適用出来る。そのため強制的に亀裂注入する事なく浸透注入で所定領域の地盤改良が可能になるので従来のセメント系以外は適用されていなかったトンネルやダム等の耐久性を必要とする地盤改良分野へもその適用が広がるものと期待できる。

2. 使用材料の物性と実験方法

実験に使用した砂は標準砂で砂の密度(ρ_s)は2.667g/cm³である。注入材は水ガラスイオンをイオン交換で処理して得られた活性シリカを重合で大きく成長させたシリカコロイド系注入材を用いた。注入供試体は内径5cm、高さ10cmの透明アクリル円筒モールドに砂の密度が1.5g/cm³となるように砂を入れて、注入方式で作成した。その後供試体は2日間20℃の室内養生をした^{1~4)}。養生後、注入供試体は浸透水養生のできるモールドの中央に置きその周りにはベントナイトを隙間や空洞がないように詰めた。これによって注入供試体以外からの浸透水を完全に遮断できた。モールドを組み立てた後、図-1に示す養生水槽に設置した。この水槽は、浸透水圧がかけられるようになっている。浸透水圧は注入供試体の下方から作用させた。水圧は動水勾配(i)が10となるようにした。なお、養生水槽の水温は70℃まで上昇させることができるので促進養生も行った。今回の養生温度は20℃、55℃、65℃の3通りで行った。

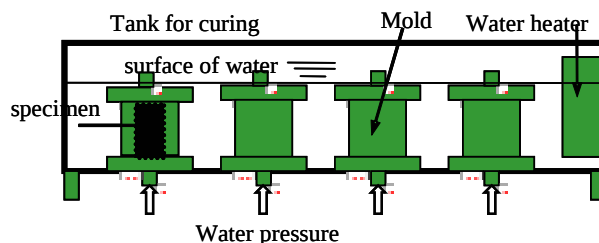


Fig. 1 Tank for curing

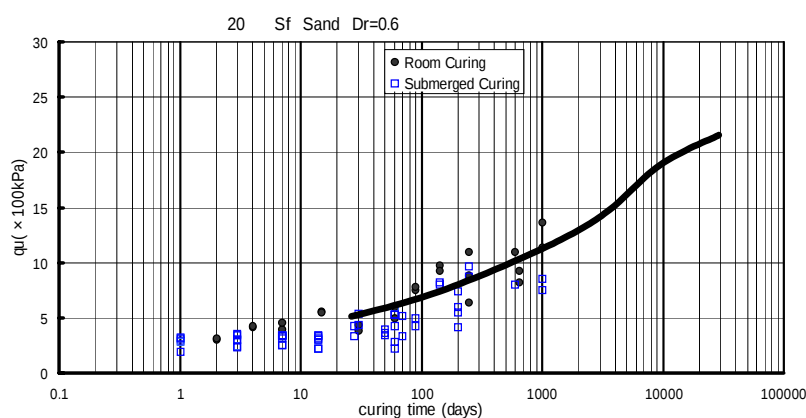


Fig. 2

(a)

3. 実験結果

1) 長期強度の予測

これまでの研究から養生温度を上げることで注入固結砂強度の経時変化を促進できることがわかった⁴⁾。その手法および活性シリカコロイド系注入材の強度の経時変化を明確にするため簡単に説明する。図-2(a)の側点は静水20℃で養生したか活性シリカコロイド系注入固結砂の強度の経時変化である。

薬液注入、強度、耐久性、浸透水圧

〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学工学部 Tel. 049-239-1406

また、養生温度を 55 で促進養生した場合の注入固結砂の強度の経時変化を図-2(b) に示す。図中の実線は測点を代表する強度の経時変化である。前述したように強度の経時変化は重ね合わせが可能であることはすでにわかっている。これにしたがって図-2(b)の実線を図-2(a)に平行に移動させ重ね合わせによって外挿すると実線のように示される。この実線が強度の予測値となる。図に示されるように静水圧状態では少なくとも 35,000 日 (95 年)までは強度増加が見込まれる。その推定強度は約 2,000kPa となる。

2) 浸透水圧が作用した場合の長期強度の予測

浸透水圧が注入固結砂に作用した場合、経時的な強度の変化はまだ調査されていない。そこで、2章の実験方法で述べた手順に従って動水勾配(i)=10 で強度の経時変化を調査した。養生温度は標準養生 20 および促進養生 55、65 で行った。促進養生結果を図-3(a)(b)に示す。これらの結果から浸透水圧が作用した場合の強度の経時変化を予測する。これまでの結果から 55、65 養生強度の促進倍率は標準養生 20 に対し約 30 倍、約 50 倍が得られている⁴⁾。これらの倍率を図-3(a)(b)の実測日数に乗じてプロットしたのが図-4 の側点である。なお、養生温度 20 の強度の経時変化も促進倍率 1 で●印で示してある。図中の実線は図-2 の静水圧養生の予測強度を示す。この予測値と、浸透水圧を作用させた強度の経時変化を比較することで浸透水圧の影響を見ることができる。

図-4 からその結果を見てみると静水養生に比較してやや強度が小さいが、ほぼ静水養生強度の経時変化と一致している。この測定値から、例えば、注入改良範囲が 10m の場合 100m の水頭(H)が作用した状態で、少なくとも約 2900 日(約 8 年)は浸透水圧の影響を受けず静水圧状態と同じ強度増加を得ることが推測できた。

参考文献：1) 米倉、島田、
“薬液注入における長期耐久性の研究” 土質工学会「土と基礎」Vol. 40
No.12 Ser. No.419, 1992.12.

2) 加賀、森 “薬液注入におけるゲル化した注入材の安定性と固結砂強度の耐久性に関する基礎研究”、土木学会論文集、No.496/-24、1994.

3) 加賀、米倉、他、“水ガラス系注入材のゲルの状態と注入固結砂の凍結特性”、土木学会文集、No.585/-38、1998.

4) 加賀、“水ガラス系注入材の安定性と注入固結砂の長期強度の予測” 土木学会論文集、No.652/51、2000.

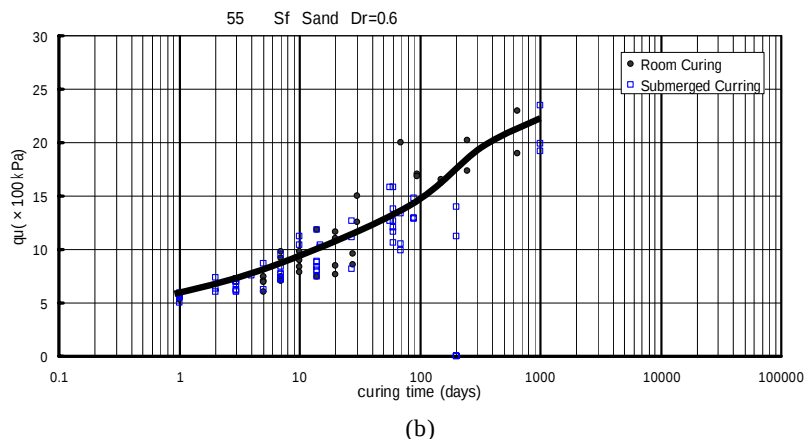


Fig. 2 Estimation long-term strength of grouted- sand

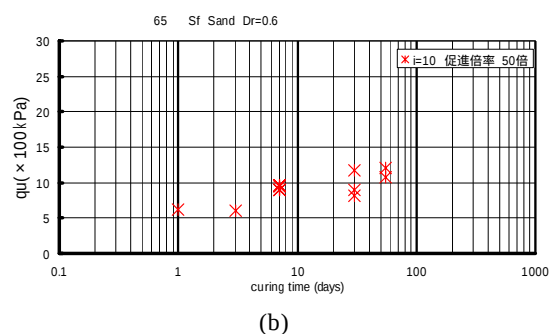
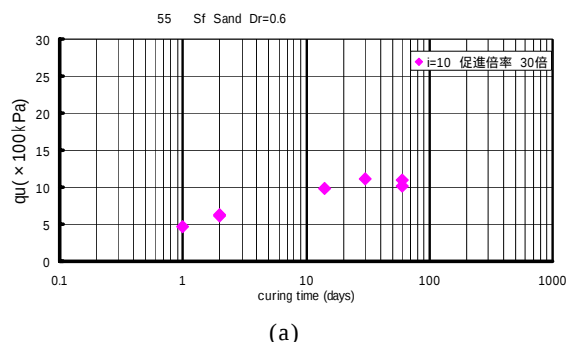


Fig.3 Strength of grouted sand applied pressure

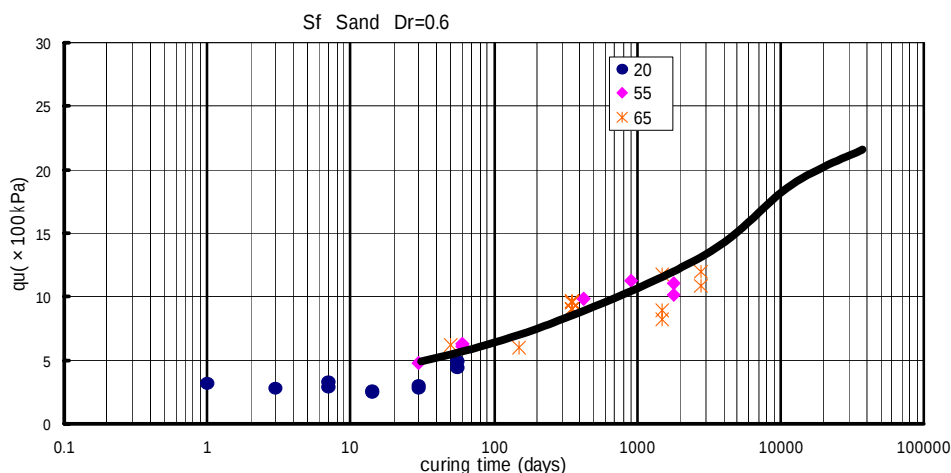


Fig. 4 Estimation long-term strength which seepage pressure was applied