

低強度注入固結砂の強度予測に関する一考察（その1）

日特建設株式会社 正 会 員 ○山岸 清隆
東洋大学名誉教授 フェロ-会員 米倉 亮三

1.はじめに

筆者らは文献 1)において注入材で改良された砂の強度予測式を提案している。これは有機系溶液型注入材を用いた室内注入実験により導き出された式である。注入材で改良された砂の強度予測式は多くの研究者によって砂の密度、粒度と注入固結砂の強度、粘着力等の関係で表すことができることは見出されているが、改良された砂地盤の強度発現機構が複雑なため、合理的な予測式とはなっていなかった。そこで本予測式は、砂の密度、粒度およびホモゲル強度を広い範囲で変えて実験を行い、ホモゲル強度と注入固結砂の強度の関係を示す実験式として提案したものである。

本報文では、最近注目を集めるようになった液状化防止対策として多く用いられている低強度の恒久グラウト材を用いる場合に、事前にその改良強度を予測し得れば、設計定数として用いることが可能となり大いに役立つものと考え、本予測式が低強度の恒久グラウト材にも適用できるかを確認するために室内注入試験を実施し、その結果、実験定数を一部修正することで適用可能であることが判明したので報告するものである。

2.有機系注入材での強度予測式

有機系溶液型注入材を用いた場合の注入固結砂の強度予測式は（1）のように提案している。

$$q_u = A (q_{uh})^m + B \quad \dots\dots (1)$$
$$A = 41.3 (1 - A_{s0} / A_s) n$$
$$B = 0.3 A_0 / 100$$
$$m = 0.727 - 0.2 D_r$$
$$A_{s0} = 231 \log (A_0 / 25)$$

quh：ホモゲル強度（kN/m²）
A₀：砂の比表面積（cm²/g）
A_s：砂の単位体積当たりの表面積（cm²/cm³）
n：間隙率（比）
D_r：相対密度（比）

今回の実験に用いた砂の比表面積を表-1 に示す。
砂の比表面積は多くの研究者によって注入固結砂の強度に影響を及ぼすことがわかっているが、実験で砂の比表面積を求めることは一般的ではないので、ここでは粒径加積曲線から砂の比表面積を予測する太田氏の方法²⁾を用いた。

3.実験に用いた砂と注入材の特性

この実験に用いた砂は 4 種類で、その粒径加積曲線を図-1 に、物性値を表-1 示す。A は川砂、B は海砂、C は珪砂 5 号、D は豊浦標準砂である。注入材の配合を表-2 に示す。注入材は活性シリカコロイドをベースにした恒久性溶液型グラウトであり、ゲルタイムは 60 分と設定した。

キーワード：薬液注入、恒久グラウト、強度予測、一軸圧縮強さ、サンドゲル

〒104-0044 東京都中央区明石町 13-18 分室ビル 4F 技術本部 TEL：03-3542-9110 FAX：03-3542-9118

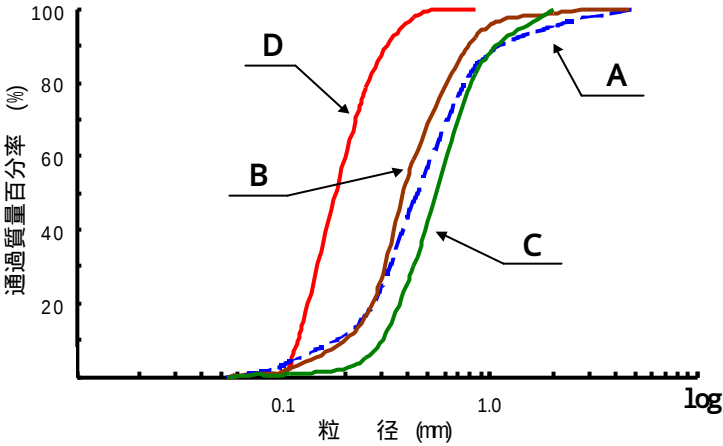


図-1 砂の粒径加積曲線

表-1 砂の種類と物性値

No.	ρ _s (g/cm ³)	e _{max}	e _{min}	粒径(mm)	太田氏の方法 A ₀ (cm ² /g)
A	2.781	1.071	0.652	0.074～4.750	155.0
B	2.680	0.916	0.609	0.074～4.750	93.3
C	2.633	1.078	0.710	0.425～2.000	65.5
D	2.640	0.991	0.631	0.074～0.425	170.3

表-2 注入材の配合

名称	1㎡当り	比重	ゲルタイム	ホモゲル強度
主材 活性シリカコロイド	1000cc	1.03 (20)	60分 (20)	(20、水中 材令28日) 4.80kN/m ²
硬化剤 NS	20g			

4.試験体の作成方法

サンドゲルの作成はφ50×150mmのモールドに各砂を所定の相対密度となるように充填し、水で飽和した後、表-2に示す薬液を0.05MPaの注入圧でモールド下端から注入した。ホモゲルはモールドに薬液を注ぎ込んだ。両試料ともに7日後脱型し、20±1の恒温室内で養生した後、28日後に一軸圧縮強度試験を実施した。

5.低強度固結砂の強度特性

図-3に室内注入試験で作成した供試体の一軸圧縮強さ（実験値）と式（1）で算出した予測値の関係を示す。今回の実験では、ホモゲル強度を一定にし、砂の種類、相対密度をパラメーターとして実験値と予測値の相関性を確認している。実験の結果、AおよびB砂と、CおよびD砂では明らかに傾向の差があることが分かった。これは、AおよびB砂は丸い粒径であるのに対し、C砂は角ばった粒径、D砂は均一な粒度分布をしていることからこの差が生じたものだと考えられる。

6.低強度固結砂の予測式についての考察

以上の実験結果から、予測式（1）の定数A、Bは砂の比表面積から求められるものであり、砂の粒子と接触している注入材のホモゲル強度に深く関係するものとして、今回のような低強度恒久グラウト材では、有機系注入材を用いた実験結果から導き出された定数とは大きく異なるものと考えた。そこで、低強度恒久グラウト材を用いた場合の定数A、Bについては図-3の結果より、以下のように修正した。

$$A' = 6.88 (1 - A_{s0} / A_s) n \quad \dots\dots (2)$$

$$B' = 0.05A_0 / 100 \quad \dots\dots (3)$$

図-4、5に、上記（2）（3）を用いた場合のA、B砂における

注入固結砂の一軸圧縮強さの予測値および実験値と相対密度との関係を示す。有機系注入材の場合、注入固結砂の強度は、砂の相対密度と比例する場合とそうでない場合がある¹⁾が、今回の実験結果では比例関係の現象しか見られなかった。AおよびB砂（図-4）においては、多少のばらつきはあるが予測式を成立させることはできた。しかし、CおよびD砂（図-5）では、予測値は別の実験定数を用いないと式の適用ができないことがわかった。原因としては、D砂の比表面積はA砂とほぼ等しいが、その粒度分布は図-1でも判るように均一な粒径（ $U_c=1.58, U_c'=0.96$ ）から構成されており、A砂の粒度（ $U_c=2.51, U_c'=1.00$ ）と多少異なること、最大粒径もD砂は0.85mmであるのに対しA砂は4.75mmと大きいこと、またC砂は砕砂で角ばっており、砂の表面状態がA、B砂と異なること、などにより同じような比表面積を示す砂であっても、比表面積だけでは反映しきれない要因が関係しているからであると考えられる。

7.おわりに

修正した実験定数を用いた注入固結砂の強度予測式に関しては、今後、別の物性値である砂を用いた場合や注入材のホモゲル強度の設定を変えた場合について実験を行い、予測式の整合性を検証していく予定である。

<参考文献>

- 1) （社）土質工学会：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、pp.243～250、1993/3/1
- 2) 太田：骨材の表面積と新面積法による構築混合物の検討とその応用に関する研究、土木学会論文集、No.61-3-3、1958

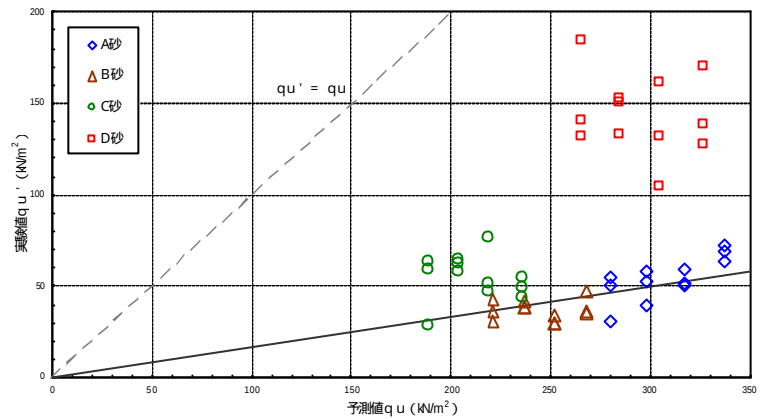


図-3 一軸圧縮強さの予測値と実験値の関係

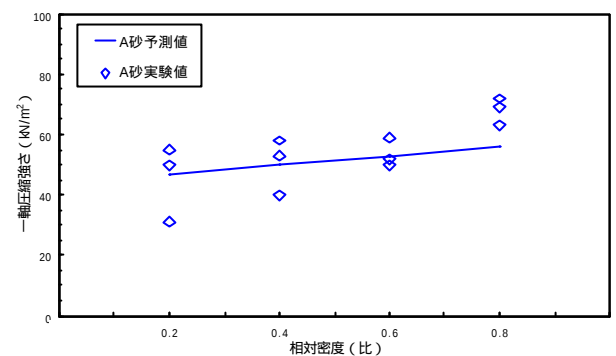


図-4 相対密度と固結砂強度（A砂）

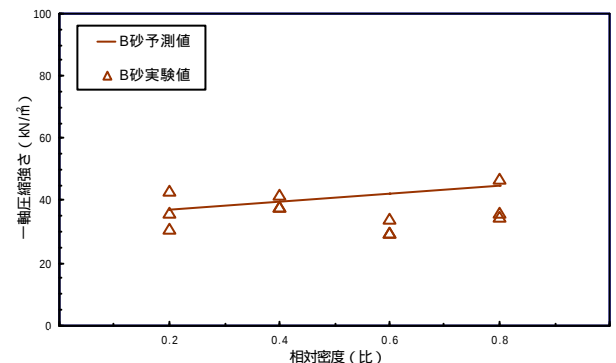


図-5 相対密度と固結砂強度（B砂）