

III-95 水ガラス系薬液を用いた固結砂の強度試験(その1, 試験方法)

国鉄 構造物設計事務所 正会員 酒井 克衛
(前)国鉄 東京第一工務局 花輪 匠太郎
国鉄 東京第一工務局 小倉 章

1. まえがき

薬液注入における固結土の強度特性は、設計、施工を適切に行ううえで重要なものとなるが、薬液の種類によって大きく異なると言われている。固結土の標準的な強度を示す方法としては、室内で砂に注入を行いサンドゲル供試体を製作して強度測定する方法が従来から行われているが、この手法は統一されたものがないのが現状である。そこで、今回注入材(溶液型)の強度試験方法を検討し、同一の条件で各種注入材の強度試験を行った。本報告では注入材の強度試験方法を提案するとともに、試験により得られた強度特性について紹介する。

2. 試験装置および試料

固結砂(サンドゲル)を製作するための注入装置を図-1に示す。注入装置は、一定の圧力を保ちながら注入できるような構造とし、注入材のゲル化時間に応じて1ショット方式または2ショット方式が可能なものとした。2ショット方式は、A液(主剤)とB液(反応剤)の粘性が異なり1ショット方式のような方法では吐出量に差が出るため、シリンダーを用いて機械的に吐出量を等量とする構造とした。またA液とB液が十分混合できるようなY字管の上部に簡単なミックスチャンバーを設けている。

注入材のゲル化時間と注入方式の区分は、注入に要する時間を考慮して、ゲル化時間が約3分以上では1ショット方式とし、約3分未満のものについては2ショット方式とした。

強度試験を行う供試体を $50\text{mm} \times 100\text{mm}$ とし、これを製作するため図-2に示すように、モールドを使用し注入材が均等に浸透するよう上下端にあら砂を敷き、その間に対象となる砂を3層に分け1回投入ごとに木づちで打撃を加え砂の密度の均一化を計りながら行った。なお、試験に用いた砂は図-3に示す粒度分布の標準砂(豊浦)とした。この方法によりてん充した砂の空隙率はほぼ38~40%である。

3. 注入作業および養生
注入作業は、あらかじめ予備試験を行って注入条件を決定し次に示す順序で注入した。

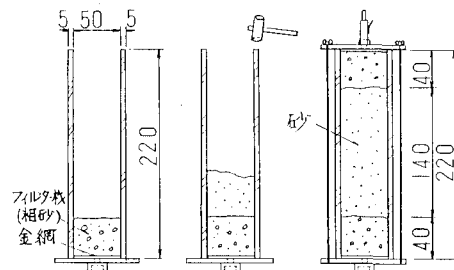


図-2 砂のてん充方法

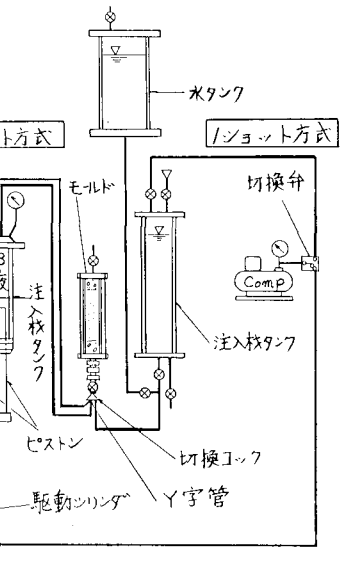


図-1 注入装置

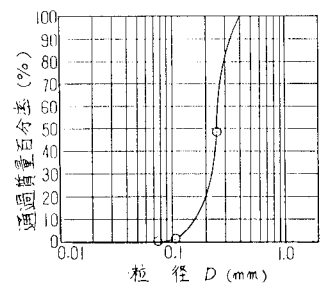


図-3 粒度分布

1ショット方式 ①モールド内に自然流下で水飽和する。②十分混合した注入材をタンクに入れ密封する。③タンク内を $0.5 \sim 1.0\text{MPa}$ に加圧する。④圧力を一定に保ちながらモールド下端のコックを開き注入する。⑤モールド上部から水と注入材が合計 320ml (モールド内の水 $\approx 175\text{ml}$)流出したら注入を終了する。

2ショット方式 ①注入枝A液とB液とそれぞれのタンクに入れ空気が残らないようにして密封する。②駆動シリンダーを3.0%に加圧する。③モールド下端のコックを開き注入する。④モールド上端から注入枝が流出したら注入を終了する。

2ショット方式で、砂を水飽和して注入することも検討したが注入所要時間が長くなることなどから、乾燥砂に直接注入することとした。なお、注入に要する時間は注入枝の粘性により異なるが、1ショット方式では1～2分、2ショット方式では3～5秒である。

注入が完了したら、ゲル化時間の5倍以上経過後モールドから固結砂を押し出し、固結砂が乾燥しないよう密封し、恒温室20±3℃で3日間養生する。なお養生日数は、ゲル化時間の長短によって結果に影響しないような期間としたものである。養生が終了した固結砂は、両端を約40mm切断し供試体とした。

試験に用いた注入枝は、無機系（アルカリおよび中性）、有機系であり、これらの配合条件は、水ガラス濃度が100%～500%と多種にわたったが、いずれも250%～350%の濃度のものが大半である。なお、試験の条件を一定とする目的で、3号水ガラスを使用する注入枝については同一の水ガラス（成分：SiO₂ = 28.93%, Na₂O = 9.51%）を使用し、これ以外の水ガラスを用いるものについては、それぞれに標準とするものを使用した。また反応剤についても標準的な使用量で配合を行った。したがって、注入枝の種類によってはゲル化時間が変動するものもあったが、強度に影響しないと判断して注入した。

4. 注入結果

モールドから取り出した固結砂の観察では、両方式ともにほぼ均一な固結物を得ることができた。ただし、2ショット方式では、急激な注入となるため部分的に空気が残ったり、混合が不十分となりゲル化しないヶ所が一部に生じ、注入不良となったものも一部見られた。また2ショット方式は、注入圧力が高いことから割裂注入となり、均一な固結砂が得られないのではと当初考えられたが、本試験では注入圧力を上げて割裂注入とはならず浸透した。これは、砂が一定以上の密度で充填されているれば、モールドにより周囲を拘束されているため、割裂注入となるための体積変化が生じにくいことによるものと考えられる。

注入方式の違いが固結砂の強度に与える影響について示したのが表-1である。表は同一の注入枝を用いてそれぞれの注入方式で固結させたものの密度と強度の測定結果である。また、表に示した注入枝(B)の応力-ひずみ曲線を図-4に示す。注入方式の違いは、注入圧力と砂が水飽和されているか否かの条件が異なるが、表から判断すると強度、密度とも大きな差は生じていない。したがって本試験方法では1ショット方式、2ショット方式とも得られる強度に大きな差異はないと判断した。

5. あとがき

標準的な固結砂の試験方法とその結果を述べたが、この方法ではゲル化時間が4～5秒以上あれば試験が可能となり、1ショットで行う方法と比較しても大差がないことが確認された。なお、固結砂の詳細な結果については、その2（試験結果）を参照されたい。また、試験方法をまとめるにあたり有益な助言を頂くとともに、試験に協力していただいた関係各社に御礼申し上げます。

＜参考文献＞ 土質工学会：安定処理土の試験方法に関するシンポジウムテキスト（555.10）

表-1 固結砂の強度

注入方式	注入枝	(A)	(B)	(C)
		有機	有機	無機(中性)
1 ショット	密度(g/cm ³)	2.02	2.01	2.00
	q _u (kg/cm ²)	4.19	7.72	2.53
	E ₅₀ (%)	3.81	6.61	2.73
2 ショット	密度(g/cm ³)	2.02	2.00	2.02
	q _u (kg/cm ²)	4.14	7.06	1.96
	E ₅₀ (%)	4.02	6.75	1.51

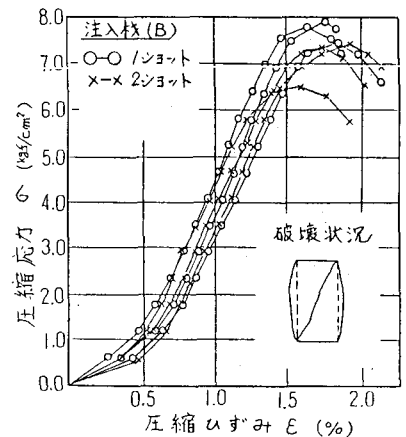


図-4 応力-ひずみ曲線（軸圧縮試験）