

III-374

注入固結砂のクリープ特性

東洋大学（大学院）	学生会員	飯田 真人
東洋大学	正会員	加賀 宗彦
	正会員	米倉 亮三
		重本 和生
		長谷 幸一

1. はじめに

地盤の止水、強度の増加を目的とする薬液注入工法は、地盤改良工法の1つであり、建設工事に果たしてきた役割は、大きい。

しかし、注入固結砂の強度について正確な評価方法が確立していない。その中で、固結砂の強度と時間に関する問題は、あまり明らかにされていない。そのため、時間の経過と共にせん断変形が増加するクリープ現象について調べてみた。特に注入材の種類別によるクリープの挙動は、ほとんど行なわれていないので、性格の大きく異なる有機系、シリカゾル系について実験を行ない検討してみた。

表-1 実験材料の物理特性

記 号	G_s	e_{max}	e_{min}
Stoyo（標準砂）	2.677	0.950	0.660

2. 実験材料と実験方法

(1) 使用材料と物性

a) 砂は、豊浦標準砂（Stoyo）を用いた。

物性を表-1に示した。

表-2 実験に使用した物理特性

b) 注入材 有機系水ガラスとしては、水ガラス-GS（グリオキザール）記号：A，無機系水ガラスとして、非アルカリ系シリカゾル記号：CH，また超微粒子シリカグラウト記号：CSNを用いた。それぞれの物性を表-2に示す。

記 号	注入材の種類	比 重	SiO ₂ 量 (g/cm ³)	ゲル時間 (分)
A ₂₀	有機系 水ガラス	1.230	0.203	10
A ₁₅		1.181	0.152	20
CH	シリカゾル グラウト	1.130	0.114	240
CSN	超微粒子 シリカ グラウト	1.200	0.323	30

(2) 供試体

供試体作製：供試体の作製は、モールドに砂を詰め水で飽和し、その後注入材を圧力浸透させる。相体密度 $D_r = 0.6$ ，砂の乾燥密度 1.5 g/cm^3 とした。

(3) 実験方法

a) 一軸圧縮試験 クリープ試験の指標とするために行なった。試験は、JIS A 1216 Tに準じて行なった。

b) クリープ試験 一軸圧縮強度を基準とし、応力レベル別にクリープ載荷重を求め一軸圧縮クリープ試験を行い、経過時間に伴うひずみを測定した。

3. 実験結果と検討

固結砂がクリープ破壊を生ずるまでの経過時間と応力レベルの関係を調べ、破壊時間の推定、およびホモゲル強度と破壊強度の関係を求めた。

(1) 応力レベル-破壊時間曲線 今回、我々が行なった試験の範囲で求めた破壊時間を横軸、それに対する応力レベルを縦軸に取り、図-1を描いた。（応力レベル=圧縮強度/クリープ載荷応力）

図-1より有機系とシリカゾル系について比較すると、経過時間1000minで破壊するクリープ荷重は、シリカゾル系の方が、高い応力レベルにしなければならない。これは、有機

系とシリカゾル系のゲル構造の違いによるものと思われる。また有機系では、A20とA15を使用したか、同一時間内で破壊するためには、強度が大きい薬液、つまりA20の応力レベルを大きくしなければならない。シリカゾル系では、CHとCSNを使用したか、有機系と同様に強度の大きいCHの応力レベルを大きくしなければならない。

（2）破壊時間の推定 固結砂強度の時間依存性に関する問題で破壊時間の推定をすることは、重要なテーマである。Bordenらによると一軸クリープ試験でクリープ破壊を起こすに至る時間は、 $t_f = 10^{(10-14B)} (\text{min})$ で表わされている。そこで、我々が行なった実験結果より破壊時間と応力レベルの関係式を求めてみた。結果は次式であらわされ $t_f = 10^{(A-B)} (\text{min})$ でBordenと同じ指数関数となった。但し、A、Bは、注入材により異なり、結果を表-3に示す。

表-3

記号	A	B
A20	0.9028	-0.0878
A15	0.9026	-0.1084
CH	0.9322	-0.0652
CSN	0.8187	-0.0429

表-4

時間	a	b
100	1.738	2.9097
1000	1.347	2.4171

（3）破壊強度の推定 図-1で100minと1000minにおける各薬液の応力レベルより破壊強度を求めた。その結果を図-2に示す、これより直線の関係式で表わすことができ、破壊強度とホモゲル強度が比例していることがわかった。（ホモゲル強度は、クリープ破壊強度に深く関係しているのではないかと文献2つでも示唆している。）

従って、ホモゲル強度がわかれば注入材の種類に関係なく破壊強度を推定することができる。

直線の式は、 $q_{vf} = a \times q_{vh} + b$ であらわされる。ここで q_{vf} : 破壊強度、 q_{vh} : ホモゲル強度、傾きa、切辺bについては、表-4に示す。

（4）破壊時間推定式の統一の可能性 （1）において各薬液ごとの破壊時間推定式を求めたが、式中のA、Bがホモゲル強度と比例関係で表わすことができれば、ホモゲル強度をパラメーターとして、注入材の種類に関係なく $t_f = 10^{(A-B)} (\text{min})$ で表わすことが可能となるとと思われる。しかし、今回の実験では、データが少ないので、今後の課題としたい。

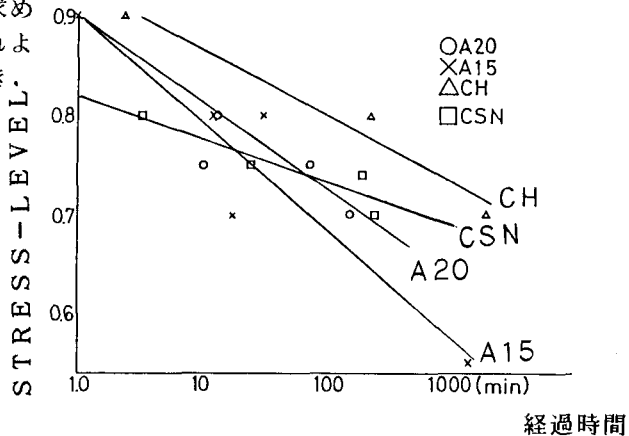


図-1 応力レベル-破壊時間曲線

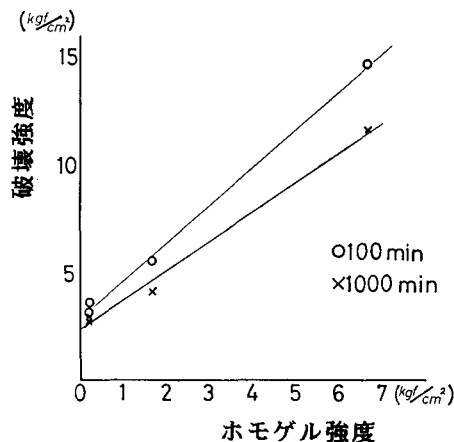


図-2

- 1) 米倉：土の改良における注入薬液の働きとその効果、基礎工 1983, 10
- 2) 森、田村：水ガラス系固結砂の強度に関する工学的特性、土木学会論文集、1986, 6