

III-34 注入固結砂のクリープ特性（その3）

東洋大学 学生員 ○飯田 真人
 東洋大学 正員 米倉 亮三
 東洋大学 正員 加賀 宗彦
 （卒業生）中台正樹・仁田護輝・豊田道也

1. はじめに

薬液注入工法において薬液を注入した地盤は時間に依存する挙動を示す。その中で固結砂に一定応力を加えておくと時間の経過と共にヒズミが増加するクリープ現象がある。この現象は、薬液の種類によって異なる挙動を示すと思われる。そこで一軸圧縮クリープ試験を行いヒズミと経過時間の関係よりクリープの特性である上、下限降伏値を求め、薬液の違いによるクリープの挙動について検討してみた。

2. 試験材料と試験方法

表-1 砂の物性

記号	比重	e _{max}	e _{min}
S-toyo	2.677	0.950	0.660

(1) 試験材料と物性

a) 砂は、豊浦標準砂(S-toyo)を用いた。

砂の物性を表-1に示す。

b) 注入材は、有機系として水ガラスにグリオキザールを加えたもの(記号：A20、A15)を使用した。また、シリカゾル系としてシリカゾルグラウト(記号：CH)、コロイダルシリカグラウト(記号：CSN)を使用した。

注入材の物性を表-2に示す。

表-2 注入材の物理特性

記号	注入材の種類	比重	SiO ₂ 量 (g/cm ³)
A20 A15 A06	有機系 水ガラス	1.230 1.181 1.072	0.203 0.152 0.061
CH	シリカゾル グラウト	1.130	0.114
CSN	コロイダル シリカ グラウト	1.200	0.323

(2) 供試体

供試体の作製は、高さ10cm、直径5cmのモ

ールドに砂を相対密度(Dr)0.6、0.8になるように詰め水で飽和させる。その後、注入材を圧力浸透させる方法で行い恒温恒湿室（温度20℃、湿度90～100%）で7日間の空気養生を行った。

(3) 試験方法

a) 一軸圧縮試験 クリープ載荷荷重の基準強度を求めるためにJIS A1216Tに準じて行った。

b) クリープ試験 一軸圧縮試験で求めた圧縮強度より応力レベル別に載荷荷重を求め40時間の一軸圧縮クリープ試験を行った。

（応力レベル＝クリープ載荷強度÷一軸圧縮強度）

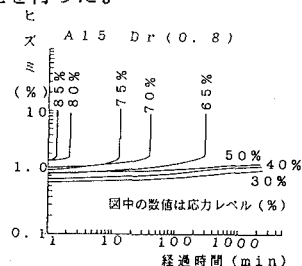


図-1 クリープ曲線

3. 実験結果と検討

(1) クリープ破壊時のヒズミ

クリープ試験の結果、ヒズミと経過時間の関係を図-1に示すように両対数で表してみると、曲線が極端に直線に変わる部分がある。

この部分がクリープ破壊時におけるヒズミであると考えられる。

そこで各薬液の破壊ヒズミの値について調べると、同じ薬液であれば破壊ヒズミは荷重の大小に関係なくほぼ一定の値になった。

しかし薬液の種類別には異なる値になった。

そこで有機系の各ホモゲル強度と破壊ヒズミの関係を図-2の様に

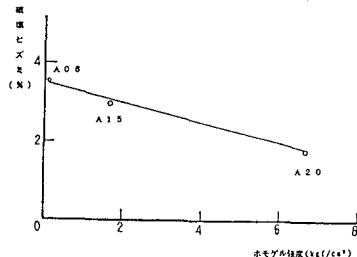


図-2 破壊ヒズミ～ホモゲル強度直線

表してみるとほぼ比例関係で表す事ができ、ホモゲル強度が大きい程、破壊ヒズミの値が小さくなる傾向になった。これは、一軸圧縮試験における最大強度のヒズミの値でも同様の傾向を示している。次に各薬液の応力レベル70%の破壊に至るまでの曲線を図-3に示す。これによると、薬液の種類によって挙動が異なっている。これを有機系だけで見てみると強度の大きい順(A20>A15>A06)に破壊ヒズミと初期ヒズミの差が小さく脆性的な挙動を示している。これらは、表-3に示す脆性度（一軸圧縮強度÷圧裂試験強度）と同じ傾向をになっている。従ってクリープ破壊ヒズミや径路等の特性も薬液によって異なっており、それらを

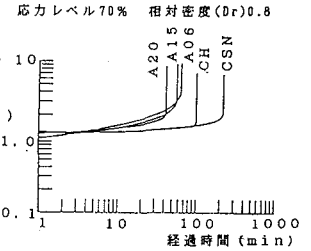


図-3 クリープ曲線

表-3 各薬液の脆性度

注入材	A20	A15	A06	CH	CSN
脆性度	12.686	6.282	5.671	10.504	7.525

調べることににより薬液を注入した地盤がクリープ破壊を生じるか判定する指標になると考えられる。

(2) 上、下限降伏値

クリープの特性の中にクリープ破壊を生じない最大の荷重である上限降伏値 (δ_u) と荷重載荷後に瞬間的に弾性変形が生じるが、ヒズミ速度がゼロである下限降伏値 (δ_e) がある。特に上限降伏値以下の荷重の場合、時間の経過に伴い変形が停止し破壊が生じないと言う重要な意義があり粘土については上限降伏値以下の荷重を載荷することで強度の増加につながる場合があると報告されている。そのため、この値は薬液注入により改良した地盤に構造物を作る際の設計の指標になると思われる。この値を求めるため図-3に示されるヒズミ速度と応力レベルとの関係を表した流動曲線を描く。この曲線でヒズミ速度が急に増加する点がある。この点が上限降伏値 (δ_u) であると考えることが出来る。また、ヒズミ速度がゼロになる応力レベルが下限降伏値 (δ_e) であると考えることが出来る。この他に上限降伏値を求める方法として図-4に示される応力レベルとヒズミの関係を描く。この曲線において傾きが大きく変わる点が上限降伏値 (δ_u) となる。また、ヒズミがゼロになる点が下限降伏値 (δ_e) となる。これらの2つのグラフにより求めた上下限降伏値を表-4に示す。またA06については応力レベル40%で破壊を生じたが機械の性能上で30%以下の小さな荷重を加えることが出来なかった。従って上限降伏値は応力レベル40%以下であると推定される。注入材A06の上限降伏値は、A20, A15注入材に比べ、極端に低い。

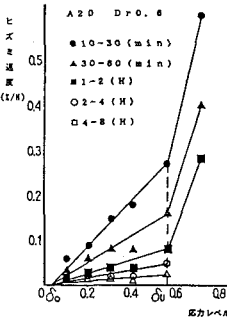


図-4 流動曲線

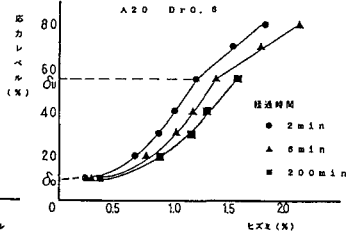


図-5 応力～ヒズミ曲線

表-4 上、下限降伏値（応力レベル）

	上限降伏値		下限降伏値	
	Dr(0.6)	Dr(0.8)	Dr(0.6)	Dr(0.8)
A20	55%	55%	10%	10%
A15	60%	60%	2%	10%
A06	55%	65%	10%	20%
CH	55%	55%	10%	10%
CSN	55%	55%	10%	10%

今回の、同時に報告している緩和および遅延スペクトルによるホモゲルの物性によればシリカ濃度0.11g/cm³以下になると小さな荷重に対しても流動を生じる結果を得ている。上限降伏値が低いのはこれに関連しているのではないかと推測される。

《参考文献》

- 1) 飯田、米倉、加賀：注入固結砂のクリープ特性、第42回土木学会年次講演会 1987.9
- 2) 村山、柴田：粘土のレオロジー的特性について、土木学会論文集 1956
- 3) 下川：土のクリープ破壊について、第27回土木学会年次講演会 1972.10
- 4) 加賀、米倉：緩和及び遅延スペクトルによるホモゲルの特性、第43回土木学会年次講演会 1988