

(Ⅲ-21) 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

同 上

正会員 米倉 亮三

同 上

正会員 加賀 宗彦

同 上（学生）

中台 正樹

同 上（学生）

仁田 護輝

同 上（学生）

豊田 道也

1. はじめに

地盤改良工法に用いられる薬液注入工法において薬液を注入した地盤も粘土等の土質材料と同様に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時間経過と共にひずみが増加し、一軸圧縮試験で求められる基準強度より小さい応力でも破壊してしまう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。そこで特性の大きく異なる有機系、シリカゾル系について一軸圧縮クリープ試験を行い応力レベルと破壊時間の関係、そしてクリープ破壊強度とホモゲル強度との関係によりクリープの特性について調べてみた。

2. 使用材料と試験方法

(1) 使用材料と物性

a) 砂は、豊浦標準砂（S-toyo）を用いた。物性を表-1に示す。

表-1 実験材料の物性

記 号	GS	e _{max}	e _{min}
S-toyo	2.677	0.950	0.660

b) 注入材は、有機系として水ガラスにGSを加えたもの（A20、A15）を使用した。また、無機系水ガラスとして非アルカリ系シリカゾル（CH）、超微粒子シリカグラウト（CSN）を使用した。これらの物性は、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	有機系 水ガラス	1.230 1.181	0.203 0.152
CH	シリカゾル グラウト	1.130	0.114
CSN	超微粒子 シリカ グラウト	1.200	0.323

(2) 供試体

供試体は、高さ10cm、直径5cmのモールドに砂を詰め水で飽和した後、注入材を圧力浸透させる方法で作製し、恒温恒湿室で7日間の空気養生を行った。相対密度は、Dr0.6、Dr0.8の2通りとし、乾燥密度は、それぞれ1.50g/cm³、1.56g/cm³とした。

(3) 試験方法

a) 一軸圧縮試験 クリープ載荷荷重の基準とするために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一軸圧縮クリープ試験を行った。

3. 実験結果と検討

(1) 応力レベル～破壊時間関係 図-1、2は、今回我々が行った試験範囲（48時間）におけるクリープ破壊時間と応力レベルとの関係を相対密度別に表したものであり、両者の関係は直線で表すことが出来る。これらから有機系とシリカゾル系の特性について比較してみる。有機系については、A20とA15の2種類共にDr0.6とDr0.8の線の傾きが、ほぼ同じである。すなわちほぼ平行であることがわかった。これに対しシリカゾル系ではCH、CSNを使用した、Dr0.6とDr0.8の線の間には、有機系と同様な関係は、みられない。これらの原因として薬液の大きな特徴である強度の経時的な変化が考えられる。有機系の場合、

短期間（2日程度）で最大強度に達し、その後一定の強度が保たれるものであるのに対し、シリカゾル系の場合は時間の経過と共に強度が増加してゆくために載荷中の荷重の応力レベルも下がってしまう可能性がある。また、相対密度が異なると強度の経時変化の特性も異なってくる事が考えられる。

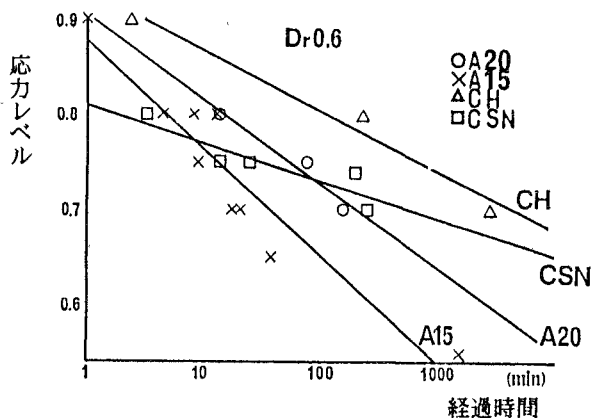
（2）破壊時間の推定 Bordenらによるとクリープ破壊を起こす時間 t_r は、水ガラスの濃度に関係なく $t_r = 10^{(10-D)/B}$ で表すことが出来ると報告している。¹⁾ここでDは、応力レベル（応力レベル＝載荷強度／一軸圧縮強度）を表す。そこで、我々が行った試験結果である図一1、2より破壊時間と応力レベルの関係を指数関数で表してみると、 $t_r = 10^{(A-D)/B}$ (min) が得られた。この結果Bordenの式とは異なり薬液の種類によって、係数であるA（切辺）、B（傾き）が変化した。但し、Bの値は絶対値とする。

（3）破壊強度とホモゲル強度 図一1、2において10min, 100min, 1000minにおける各薬液の応力レベルより破壊強度を求めた。（破壊強度＝応力レベル×一軸圧縮強度）これと各薬液のホモゲル強度との関係を示したものが図一3である。これにより破壊強度とホモゲル強度を比例関係で表す事ができる。そして本試験範囲での有機系に関しては、相対密度が異なっても同じ薬液の場合、同一時間で破壊する時、破壊強度が同じであることが分かった。従って有機系の特性としてクリープ破壊する場合、相対密度に影響を受けずにホモゲル強度に強く影響を受ける結果を得た。同様な結果は、森、田村²⁾らによっても報告されている。しかし、シリカゾル系に関しては、薬液の特性である経時的影響を受けるため有機系とは異なる傾向が見られる。そのためシリカゾル系のクリープの特性としては、ホモゲル強度だけでなく経時的な特性を考慮する必要がある。

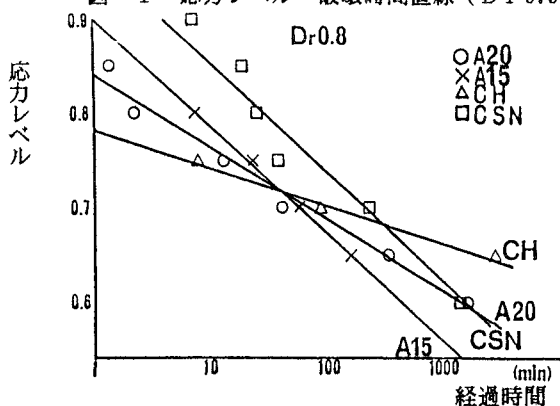
《参考文献》1) 米倉：土の改良における注入薬液の働きとその効果、基礎工 1983.10

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

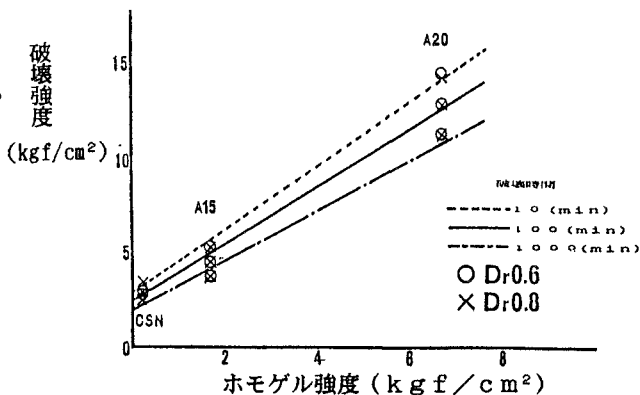
3) 飯田、米倉、加賀：注入固結砂のクリープ特性、第42回土木学会年次講演会 1987.9



図一1 応力レベル～破壊時間直線 (Dr 0.6)



図一2 応力レベル～破壊時間直線 (Dr 0.8)



図一3 破壊強度～ホモゲル強度関係直線