

Ⅲ - B 208

薬液注入固結砂の通水養生試験

ライト工業（株） 正会員 飯尾正俊 村瀬俊彰 木下吉友
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫 村本勝己 垂水尚志

1. はじめに

安定処理土は繰返しおよび静的な応力履歴によってだけでなく、乾湿繰返しや注入材の溶脱等によって性能が低下する場合がある。特に、改良範囲に水頭差が生じるような箇所施工された場合、注入土内には間隙水の移動が生じ、注入材が流出したり、強度成分が溶脱して、性能が劣化する事も考えられる。

そこで、今回は三軸応力状態の注入土に水頭差を加え、通水しながら養生し、必要に応じてせん断試験を行える装置を作製した。そして、3種類の注入材が理想的に注入された状態の固結供試体¹⁾に対して通水養生を行い、養生中の透過水の成分分析、透水係数の変化を測定し、最後に非排水せん断試験を行って強度・変形特性の変化を調べた。

表1 通水養生試験条件

供試体寸法	Φ75mm×H150mm
通水養生開始材令	14日
圧密圧力 ＝有効拘束圧	196kN/m ² (2.0kgf/cm ²)
バックプレッシャー	49kN/m ² (0.5kgf/cm ²)
通水差圧 (水頭差)	0.196～22.5kN/m ² (20～2300mmH ₂ O)
せん断時の 軸ひずみ速度	0.1%/min (CU条件)

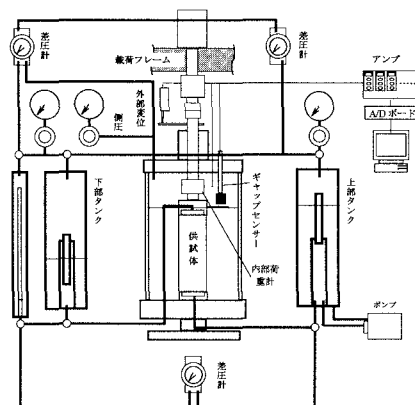


図1 通水養生試験のシステム図

2. 試験概要

試験は図1に示す様なシステムを用いて行った。なお、今回は LDT の使用が困難であったため、せん断時に採用した軸ひずみのデータは、ギャップセンサによって計測されたものである。

試験条件は表1に示す通りである。通水差圧は、透水係数が異なるすべての供試体において通水速度のオーダーを合わせるために適宜調節している。ただし、通水差圧の大きさは、圧縮強度に対して最大でも1.7%と充分に小さく、初期有効拘束圧に対しても最大10%程度であるため、応力履歴に対する影響は軽微である。

使用した砂は豊浦砂、注入材は超微粒子スラグ系、超微粒子セメント系および水ガラス系（アルカリ系・有機反応剤使用）の三種類で、脱型およびセット時の材令は14日である。なお、透過水の成分分析方法はICP法を用いた。

3. 注入材成分の溶脱

注入材成分の溶脱量は、溶脱量＝「所定期間の透過水の平均成分濃度」×「所定期間の通水量」として定義する。ただし、今回の濃度分析の結果はターゲットの元素の濃度が大きめにしている傾向があり、その結果として計算される溶脱量の絶対値にはあまり意味がないが、相対的な比較には充分である。

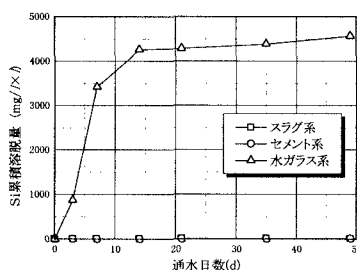


図2 Siの溶脱量の推移

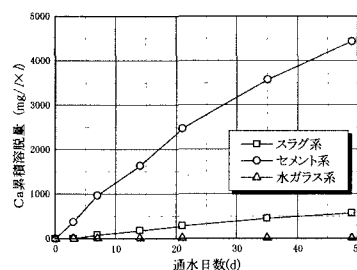


図3 Caの溶脱量の推移

図2に各注入供試体の通水養生中のSiの溶脱量の推移を示す。Siの溶脱量は水ガラス系が非常に多く、特に初

キーワード：注入、三軸試験、スラグ、セメント、透水特性
 〒274-0071 千葉県船橋市習志野 4-15-6
 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL:0474-64-3611 FAX:0474-64-3613
 TEL:042-573-7261 FAX:042-573-7248

期段階に多く溶脱しており、その後も継続的に溶脱する傾向を見せる。これは、供試体内の未反応の水ガラス成分や、ゲル化したケイ酸が再び間隙水に溶解したものが溶脱していると考えられる。また、表2に示すように、スラグ系とセメント系においても注入材の成分としてSiは比較的多く含まれているが、溶脱量がほとんど検知されないことから、両者のゲルの溶脱はほとんどないものと考えられる。

図3にはCaの溶脱量の推移を示す。セメント系は継続して多くのCaを溶脱しているが、これはゲルの溶脱ではなく、セメントの水和反応において副生成物として生じる水酸化カルシウムが間隙水に溶解しているためと考えられる。したがって、水和反応が継続する限りCaも継続的に溶出する。スラグ系についても同様で、硬化反応機構の違いからCaの溶脱量は少ないが、やはり硬化反応に伴って生じるCaイオンの溶出であると考えられる。

表2 注入固結砂 1000cm³に含まれる注入材の成分

	Si	Ca
スラグ系	12.3g	24.1g
セメント系	8.87g	23.0g
水ガラス系	22.2g	-

4. 透水特性の変化

図4に通水養生中の透水性の変化を示す。各供試体の透水係数が異なるため、初期の透水係数で所定の日数の透水係数を正規化した透水係数比で比較した。スラグ系およびセメント系は初期と変わらないか、もしくは硬化反応の進行に伴い、透水性が低下する傾向を示すのに対し、水ガラス系は透水性が大きくなる傾向を示す。これは、ゲルの溶脱に伴って遮水性能が低下している事を示す。

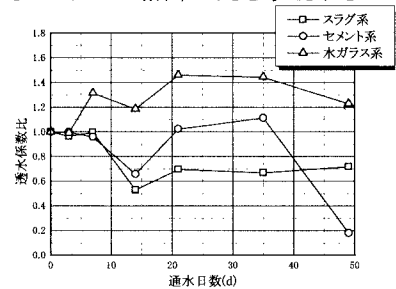


図4 透水性の変化

5. 強度特性の変化

図5に三軸強度の変化を示す。ここで図中に示す強度率とは、通水養生供試体の強度を、恒温恒湿状態で気中養生した同一材令の供試体の強度で正規化したものである。この図から、スラグ系およびセメント系の供試体はほぼ100%の強度率を維持しているのに対して、水ガラス系は80%まで強度が低下している事が分かる。これは、初期におけるゲルの溶脱が影響しているものと考えられる。

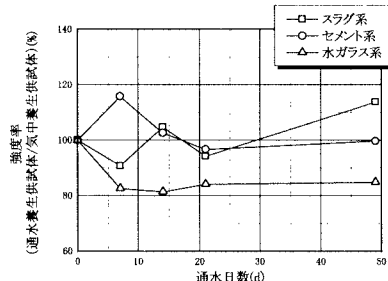


図5 三軸強度の変化

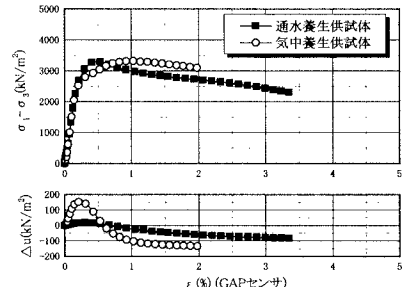


図6 セメント系注入供試体の応力-ひずみ曲線

ただし、強度が変化しなくても、すべての注入材において変形特性や破壊特性は変化しており、代表例として図6に示すように、特にせん断中の間隙水圧の変動がほとんど見られなくなった。その結果として顕著な降伏挙動²⁾が、通水養生供試体では見られず、また破壊ひずみも小さくなる傾向を見ている。これは、通水によってセメンテーションに何らかの影響が出ている事を示しているが、今後の検討課題である。

6. まとめ

超微粒子スラグ系注入材は、超微粒子セメント系注入材と同等の透水耐久性をもち、水ガラス系注入材と比較すると強度、遮水性の長期安定性に優れる。

参考文献: 1)「薬液注入材によるサンドゲル供試体の作製方法」、村瀬、飯尾、関根、村本他、第34回地盤工学研究発表会、1999

2)「薬液注入固結砂の非排水せん断特性」、村本、関根、飯尾、村瀬他、第34回地盤工学研究発表会、1999