

### (Ⅲ - 51) 注入固結砂の減圧強度特性について

東洋大学工学部（正会員） 加賀 宗彦

同 上 ○ 高橋 敏

同 上 太田 誠

#### 1 はじめに

注入固結砂の強度特性に関する一連の研究を行っている<sup>1)</sup>。今回は次の結果について報告する。

(1) 供試体作成方法（打撃法・注入法）による固結砂の一軸圧縮強度を調べ、比較・検討している。作成に用いる砂、密度、注入薬液、養生条件、一軸圧縮試験法などの諸条件は同じとし、供試体作成のための注入方法のみを変え、供試体作成方法の違いによる固結砂強度への影響を見てみた。その結果、若干ではあるが、供試体作成方法によって違いが認められた。

(2) 注入固結砂の圧密条件の違いによる三軸圧縮試験の強度特性について調べた。これは、注入固結砂を三軸圧縮試験機にセットし、圧密した後にせん断試験を行ったもの（段階的に増圧する試験）と、同様に圧密した後圧密応力を減圧し、減圧した直後にせん断試験を行ったもの（段階的に減圧する試験）の両者について関連性を検討した。その結果、注入固結砂の強度が大きい注入材の場合、両者の強度はほとんど変わらないことが分かった。

表1

| No  | 注入材の種類  | 比重    | SiO <sub>2</sub> 量<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | ゲル時間<br>(分) |
|-----|---------|-------|--------------------------------------------|-------------|
| A20 | 有機系水ガラス | 1.230 | 0.203                                      | 10          |

#### 2 用いた材料と実験方法

(1) 注入材：今回の実験では、注入固結砂の強度が比較的大きいとされる有機系水ガラス（A20）を用いた。物性は表1に示す。

(2) 砂：豊浦標準砂を用い、固結砂の供試体作成には砂の乾燥密度が1.5 (g/cm<sup>3</sup>) となるようにして行った。

(3) 供試体の作成：固結砂供試体は、モールドにあらかじめ注入材を入れ、その後モールドの周囲を打撃しながら乾燥密度が1.5 (g/cm<sup>3</sup>) となる砂の量を流し込む方法（打撃法）及びモールドに乾燥密度が1.5 (g/cm<sup>3</sup>) となる砂の量を入れ、モールドの下から注水し飽和させた後、注入材を注入する方法（注入法）で作成した（三軸圧縮試験は注入法のみ）。養生はすべて3日とした。

(4) 一軸圧縮試験：試験はJISに準じて行ったが、供試体上下面にはポーラスストーンを設置した。

(5) 三軸圧縮試験：試験はJISに準じて行ったが、圧密時間は12時間とした。<sup>1)</sup> また、側圧を0にしたものは、拘束状態による誤差を防止するために三軸圧縮試験機で、ゴムスリーブを装着した状態で試験を行った。

#### 3 実験結果

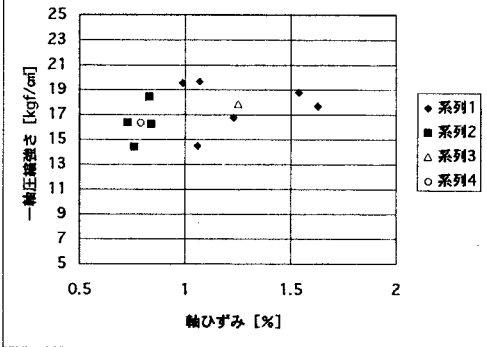
##### 3-1 供試体作成方法を変えた時の固結砂の一軸圧縮強度

注入材による砂の強度は間隙を注入材で埋め、又は被覆し、これによって強度増加を与えられる。したがって固結砂は間隙の状態や作成方法の違いによって強度が影響を受けるものと考えられる。そこで、二種類（打撃法・注入法）の作成方法で供試体を作成し比較・検討した。結果を図1に示す。これより、注入法と打撃法では注入法のほうが強度・ひずみともに大きな値を示すことが分かる。このことにより、打撃法の結果から改良地盤の強度を推定すると、実際の強度より小さな値を予測する可能性があると言える。これに關して、0.5 kgf/cm<sup>2</sup>の圧力で加圧通水することによって、モールドの中の砂が水圧によって圧密されるという報告<sup>2)</sup>がある。しかし、実際はモールドの下から注水するため、砂の有効応力が減少するため、圧密によって砂の密度が大きくなることは考えにくい。また、図1の結果から、注入法の方が最大圧縮応力時のひずみが大きくなっていることから、注水によって砂の密度が増加しているとは判断出来ない。いずれにしてもその原因は判然としない。

##### 3-2 固結砂の圧密条件の違いによる三軸圧縮強度の強度特性

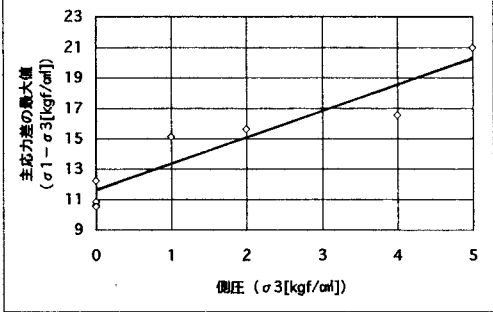
現在注入固結砂の三軸圧縮試験は、圧密応力を段階的に増加させる試験が一般的であるが、実際は地盤の中に注入材を注入した後に掘削するため、段階的に減圧した試験法の方が実用的ではないかと考えこの試験を行った。圧密荷重を段階的に増圧した結果を図2に、減圧した結果を図3に示す。これらより増圧させたもの・減圧させたものともにほとんど同様の値を示すことが分かる。また、体積変化もほとんど観測されなかった。したがって、現場掘削による減圧状態の強度を、現在一般的に行われている、圧密応力を段階的に増加させる三軸圧縮試験法の結果から予測することは可能であると判断する。しかし、今回の実験ではA20という注入固結砂の強度が比較的大きい注入材を用いたわけであるが、圧縮強度がもっと小さい注入材を用いて実験した場合どうなるか。また、今回は減圧直後にせん断試験を行ったが、減圧後しばらく時間が経った後にせん断試験を行った場合どうなるかなど、まだ解決しなければならない問題があり、これからの研究課題である。

図1 注入法と打撃法の一軸圧縮試験結果の比較



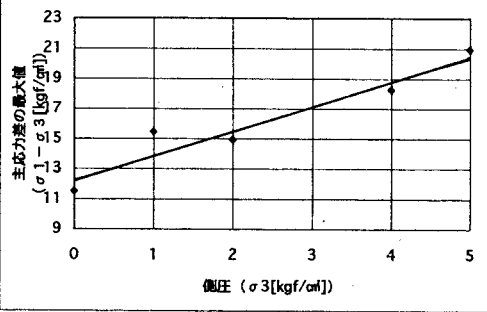
|                     | 注入法   | 打撃法   | 系列1 注入法の結果 |
|---------------------|-------|-------|------------|
| 一軸圧縮強さの平均 [kgf/cm²] | 17.8  | 16.35 | 系列2 打撃法の結果 |
| 標準偏差                | 0.739 | 0.72  | 系列3 注入法の平均 |
| ひずみの平均 [kgf/cm²]    | 1.253 | 0.79  | 系列4 打撃法の平均 |

図2 主応力差（最大値）と側圧の関係（段階的に増圧したもの）



$$\begin{aligned}
 f_0 &= 11.454 \\
 m_0 &= 1.733 \\
 c &= f_0 / 2\sqrt{1+m_0} = 3.464 \\
 \tan \phi &= m_0 / 2\sqrt{1+m_0} = 0.524
 \end{aligned}$$

図3 主応力差（最大値）と側圧の関係（段階的に減圧したもの）



$$\begin{aligned}
 f_0 &= 12.237 \\
 m_0 &= 1.657 \\
 c &= f_0 / 2\sqrt{1+m_0} = 3.754 \\
 \tan \phi &= m_0 / 2\sqrt{1+m_0} = 0.508
 \end{aligned}$$

#### 4 おわりに

- (1) 供試体作成方法の違いによる一軸圧縮強度について、打撃法・注入法について比較したが、打撃法は注入法よりも小さな強度・ひずみでせん断されることが分かった。
- (2) 注入固結砂の強度が大きな注入材の場合、段階的に増圧・減圧した試験方法で比較したが両者において三軸圧縮強度にほとんど差がないことが分かった。

#### 参考文献

- 1) 米倉・加賀：注入薬液による固結砂の強度特性 土木学会論文集
- 2) 所・高橋・松井・中里：注入固結砂の一軸圧縮強さに与える諸要因について 薬液注入工法における注入効果の予測確認手法に関するシンポジウム発表論文集, pp. 237~242, 1993