

HMD コンパクト三軸試験装置 SH3112

取扱説明書

2023年01月版

目次

1.	配管図の読み方.....	2
2.	配管パネルと配管図の関係	4
3.	給水及び圧力供給の手順	6
4.	三軸室の分解	7
5.	非粘性土試料の準備	8
6.	粘性土試料の準備	10
7.	三軸室への給水及び排水	11
8.	横圧の負荷	11
9.	試料の飽和	12
10.	背圧及び横圧供給、B 値チェック	13
11.	三軸試験（動的変形、液状化、静的）	14
12.	各CH, DGのセンサー割り付け	14
13.	試験の準備から圧密前まで	15
14.	圧密（等方圧密）	19
15.	動的三軸（変形）	20
16.	動的三軸（液状化）	22
17.	静的三軸	22
18.	試験後	24
19.	荷重と圧力の関係	26
20.	各試験画面	27
21.	構成図（エアー&油圧）、全体図、空気水系制御装置、配管図	28-34

1. 配管図の読み方

配管図は装置全体の配管やシステムをわかりやすく表しています。装置を理解するためには配管図の中で使用される記号や線の意味を理解することが必要です。配管図を理解することで空圧と水圧の流れを把握できます。装置を十分に使いこなすためにも配管図の読み方をマスターすることが必要です。

下記は配管図で用いられている記号の説明です。

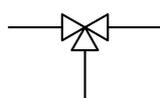
1.1. 配管

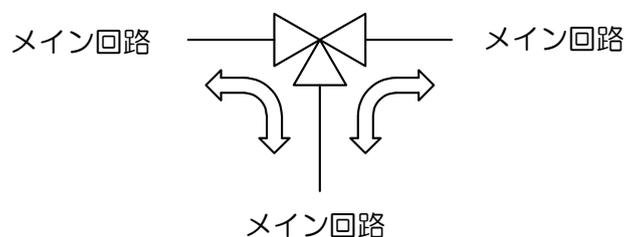
 \Rightarrow 3/8" ナイロンチューブ

 \Rightarrow 1/4" ナイロンチューブ

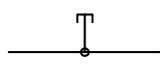
1.2. バルブ

 精密ボール弁 2方弁

 精密ボール弁 3方弁

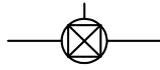


 ボールバルブ

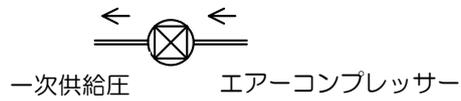
 エアブリードバルブ

1.3. 調圧弁

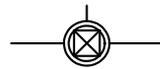
1.3.1. 標準タイプ



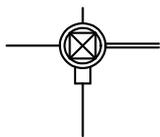
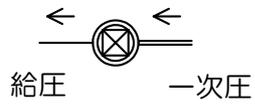
一次圧調圧弁 (Tokyo Automatic Control Co.製)



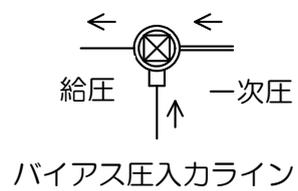
1.3.2. 精密タイプ



二次供給圧設定用調圧弁
(フェアチャイルド Model10)



バイアスリレーによる二次供給圧の設定用調圧弁



2. 配管パネルと配管図の関係

空気水系制御パネルは供試体に脱気水を供給したり、背圧をかける、三軸室に横圧をかける、などの機能を持ち、そのために調圧弁やバルブなどが配管パネル上に配置されています。配管プレートはそれらの配管のつながりをラインで表示し、それらの位置関係を示しています。

配管プレートで用いられているラインには青いラインとオレンジ色のラインの2種類があります。青いラインは水圧系を表し、オレンジ色のラインは空圧系、真空系を表しています。

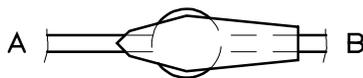
下記は配管パネルと配管図のフローラインの関係を示しています。

ラインカラー	圧力の種類
オレンジ	空気圧、真空圧
ブルー	水圧

配管パネル

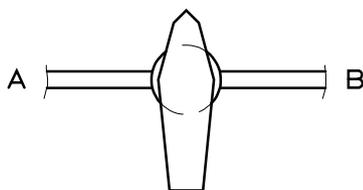
配管図

2.1. 二方弁



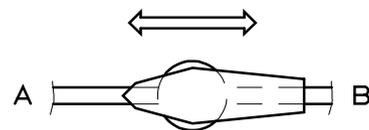
ハンドル位置

閉止位置



A と B を遮断

開放位置

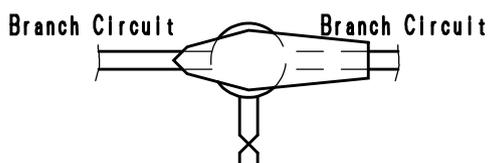


A と B が接続

2.2. 三方弁

ブランチ回路

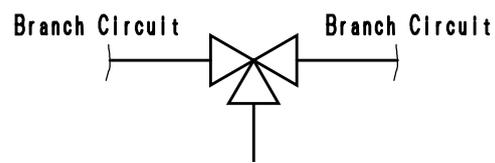
ブランチ回路



メイン回路
Main Circuit

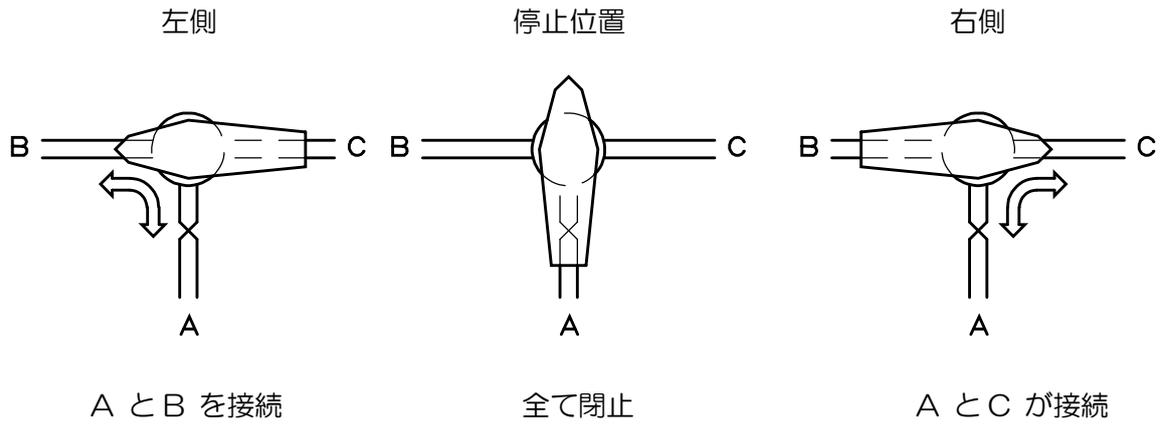
ブランチ回路

ブランチ回路



メイン回路
Main Circuit

ハンドル位置



試験機の初期状態



3. 給水及び圧力供給の手順

操作を行うに当たって予め、調圧弁の圧力を開放し、空気圧バルブは排気側、真空バルブは解放側、そして各バルブは閉止位置に向けておきます。

供試体につながる配管では空気がたまっていると正確な体積変化の計測ができなくなりますので、配管中の空気を抜くことが必要です。

三軸室や体積計はアクリル製のパイプが用いられています。アクリルは急激な圧力の変化を繰り返しかけると劣化しやすくなりますので、急激な加圧や減圧は絶対に避けて下さい。圧力の加圧と除荷はできるだけゆっくり行ってください。

長期の使用でアクリルが劣化しますと破裂する危険もありますのでアクリルのキズ、ひび割れなどが生じた場合は早急に弊社に御連絡下さい。

3.1. 脱気水槽への給水

脱気水槽への給水には水道水やバケツなどに汲んだ水を用いることができます。給水口につないだホースを給水源に接続しておきます。

脱気水槽への給水は脱気水槽に真空を供給し、その真空力を利用して水を吸い込むこととなります。まず、真空槽に真空を供給します。

真空ポンプを駆動し、三方弁 15 を右側に向け真空調圧弁 D を時計方向一杯に回して真空度を上げます。三方弁 16 を右側に回して脱気水槽に真空を供給します。

ここでボール弁 19 を開くと水が脱気水槽に供給されます。必要な量の水が脱気水槽に供給されたらボール弁 19 を閉じます。

脱気水槽の水を脱気するためには、このまま脱気水槽に真空を供給したままにしておきます。脱気が完全に終了するまで 3 時間あるいはそれ以上真空供給し続けてください。

脱気が完了したら、真空ポンプを止めて、三方弁 15、16 を左に受けて（解放位置）真空を解放します。

NOTE:水道水を長期間用いるとタンクが汚れることがあります。できれば蒸留水などのきれいな水を用いることをお勧めします。

3.2. 二重管ビューレットへの給水とチューブのフラッシング

二重管ビューレットへ給水します。二重管ビューレットは差圧検出器により供試体の体積変化を測定しますので、チューブの内部に空気がたまっていると正確な計測ができません。チューブ内を充分フラッシングすることが必要です。

脱気水槽の水を二重管ビューレットに供給しますのでそのための操作をします。

脱気水槽と二重管ビューレットを大気に解放するために、三方弁 16 と三方弁 18 を解放(左)側に向けます。

二方弁 12 を開きます。ここで二方弁 10 を開くと脱気水槽の水が二重管ビューレットに流れ込みますが、二方弁 10 を完全に開かないで、水がゆっくり流れるように二方弁 10 の開きを調節してください。水を急激に流すと差圧検出器に過度の差圧が生じ、検出器を破損する恐れがありますの

で注意してください。

脱気水が二重管ビューレットの適切なレベル、つまり試料のほぼ中心に達したら二方弁 10 と 12 を閉じます。気泡がまだ出るようでしたら、気泡が出なくなるまで水を流してください。二重管ビューレットへの給水が多くなった場合は二方弁 14 を開くことで二重管ビューレットの水を排水することができます。

脱気水がビューレットの外に溢れた場合は二重管体積計のドレインプラグを開いて排水してください。

3.3. 真空槽の排水

真空槽に水がたまってきたら、排水してください。

真空槽を大気に解放して排水のバルブを開くことで排水します。

三方弁 15 を解放(左)側に向け真空槽の排水のバルブ、ボール弁 20 を開くと真空槽の水が排水されます。水が排水されたらボール弁 20 を閉じます。

4. 三軸室の分解

4.1. 三軸室円筒を上げる

三軸室円筒はアクリル製で、上下にステンレス製の封印環が装着され、それぞれが三軸室の上下板にはまっており、その位置でシールされています。圧力を完全に排気して、中の水が完全に抜けていることを確認してから三軸室円筒を上方に外します。

三軸室円筒にはシールのためのOリングがかかっていますので、三軸室円筒を外す場合にはその摩擦抵抗があります。封印環の 2 本のハンドルに手をかけ親指で三軸室の上板を押すようにすると比較的容易に三軸室円筒を引き上げることができます。円筒は上部の定荷重ばねによって重量がバランスされておりそのまま上部に持上げてその位置で静止させておくことができます。Oリングは常に清掃してシリコングリースを塗っておくと摩擦も小さく、圧力漏れなどを防ぐことができます。

4.2. 三軸室下板を手前に引出す

三軸室円筒を上を上げると、三軸室下板は手前に引出すことができます。

4.3. 試料ペDESTALのセット

試料ペDESTALはネジ式になっていますので、三軸室下板に手でねじ込むことでセットします。しっかり固定して下さい。

5. 非粘性土試料の準備

5.1. モールドの組立て

ゴムスリーブをペダスタルに取付けます。そしてそれを O-リングでシールします。モールドサクシジョンのカプラー21 にモールドのカプラーを接続します。

三軸室下板の上にニツ割モールドを置きクランプします。上部に O-リング 2 本をセットし、モールドに真空を供給しながら、ゴムスリーブの上部を外側に折り返します。このときゴムスリーブの内側にしわがよらないようにします。ゴムスリーブを引っ張りすぎると供試体にゴムスリーブの張力がかかりますので注意してください。

砂受け皿とカラーをモールドに搭載します。

ポーラスストーンが目詰まり防止のため、ペダスタルの上にもろ紙を敷きます。

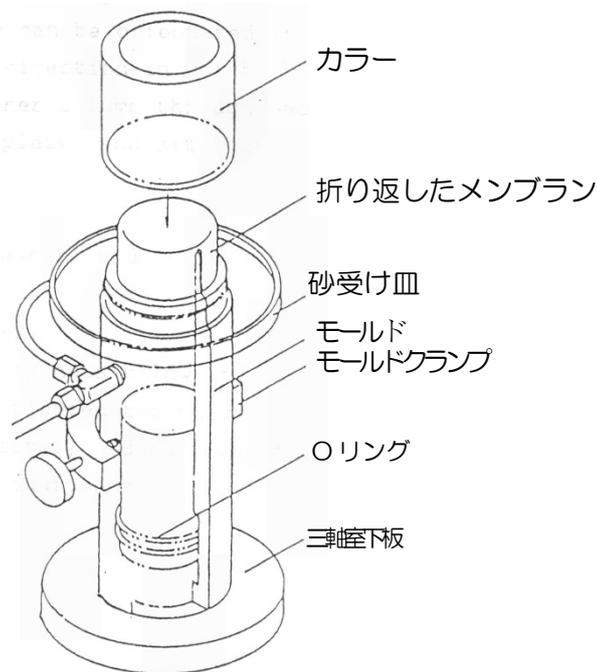


図 3

5.2. 試料のセッティング

予め試料の質量を測っておきます。

ロートなどを用いて試料をモールドに詰めます。

試料のセット方法は各土質試験によります。

カラーを使って多めの試料をモールドに入れます。

カラーを取り除き、試料の表面がモールドと同じ高さになるようにストレートエッジ等を用いて余分な試料を排除します。

砂受け皿を取り除きます。

砂受け皿に残った砂の量を測ることにより、モールドの中の砂の質量を計算します。

ろ紙を試料上部に置きます。

5.3. 三軸室底板を所定の位置に移動、試料のセット

三軸室底板を所定の位置まで押込みます。

サーボアンプのレベル調整つまみでアクチュエーターピストンを降ろして、試料キャップを試料の上面に接続します。

モールドに折り返していたゴムスリーブを試料キャップにかぶせ、モールドにはめてあったリングを上を外してゴムスリーブをシールします。

5.4. 供試体の自立

モールドを外す前に、試料が自立するように小さい負圧を試料内部にかけます。

真空ポンプを駆動し、三方弁15を右に向けます。真空調圧弁を調整して真空を10kPa程度にセットします。

三方弁11を右に向け、三軸室の二方弁3をゆっくり開くと真空槽の真空が供試体の中にかかり、試料は自立します。試料に真空がかかるときに試料が縮み、試料キャップがそれに合わせて沈下する必要がありますので、二方弁3はゆっくり開くようにしてください。急激に真空を負荷すると試料キャップが沈下せず試料がくびれることがあります。試料内部に真空がかかると試料はモールドなしで自立します。試料にショックを与えないように慎重にモールドを取り除きます。

5.5. 三軸室円筒を降ろす

三軸室円筒を降ろし、上下板に押込みます。

固定するためにボルトなどを締付ける必要はありません。

6. 粘性土試料の準備

6.1. 試料のトリミング（トリミング器具は、オプション）

荒削りのままの試料を粘性土トリマーのベースに置き、ピストンロッドで試料をホールドします。ワイヤーソー、或いはストレートエッジでトリミングベースを回しながらラウンドオフトリミングします。

ガイドプレートに付いているスライディングプレートで試料をトリミングし必要なサイズにします。

1 ず。

マイターボックスの長さは必要とする試料の高さと等しいので、ストレートエッジをマイターボックスの端面にそって動かし余分な試料を切り落とします。

試料の両端をきれいに成形した後、再びマイターボックスを二つに分け試料を取り出します。

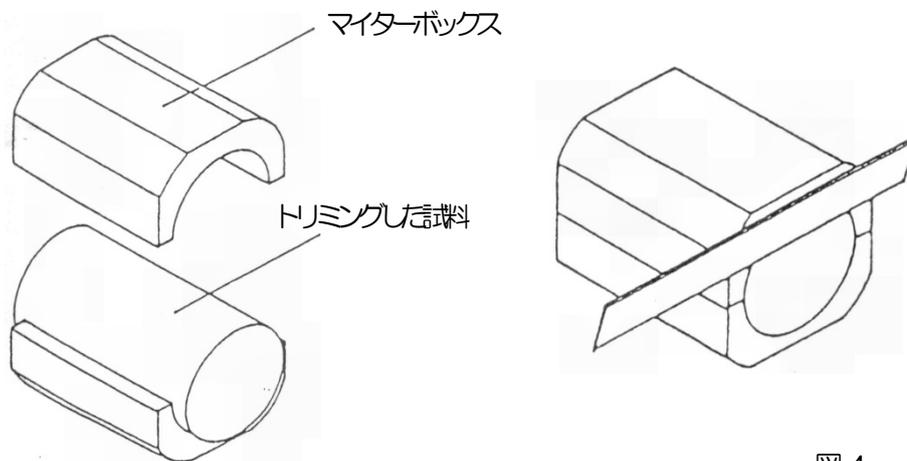


図 4

6.2. 三軸室に試料をセットする

成型した試料Φ50X100mm をペDESTALの上に置き、ゴムスリーブジャケットを試料にセットしたゴムスリーブにそとつけます。

真空をかけてゴムスリーブを試料に密着させた後、試料からゴムスリーブジャケットを取り除きます。

O-リングでゴムスリーブ下部をシールし、試料キャップを試料の先端に置き、試料上部も O-リングでシールします。

ドレインチューブを試料キャップ上部で付属器具に接続します。

中実粘土試料の完成です。

6.3. 三軸室円筒のセット

ここからは非粘性土試料と同様に 5-3.~5-5 までの手順で三軸室円筒までセットします。

7. 三軸室への給水及び排水

7.1. 三軸室への給水

三軸室の三方弁6を左に向け三軸室の内部を大気圧にします。三方弁17を右側に向け三軸室の二方弁1を開くと、三軸室に水が供給されます。17ページ(6)を参照して下さい。

実用ならば、横圧検出器の電氣的なゼロを取るために、三軸室の水位が試料の中心になったとき、バルブ1を一旦閉じ、ソフトにおいて横圧のゼロバランスを取ります。(ソフトの操作についてはその取扱説明書を参照して下さい。)

再度、三軸室の二方弁1を開き、三軸室に水を供給し、試料キャップまで水が供給されたら二方弁1を閉じます。

7.2. 三軸室からの排水 (試験終了後の操作)

試験終了後、横圧を30~50 kPaまで下げ、セルの水を排水する(捨てる)場合は三方弁17を右側、タンクに戻す場合は三方弁17を左側に向けます。

二方弁1を開くことにより、三軸室の水が排水されます。

三軸室から完全に排水した後、横圧を0kPaに戻します。三方弁6を左側にして三軸室を大気に開放します。23ページ(18.2)を参照して下さい。

8. 横圧の負荷

非粘性土試料の場合、試料は真空によって自立しています。これから真空吸引による試料の自立から真空を解放し、横圧を負荷して横圧による試料の自立へと変換します。

横圧システムの各バルブを下記のようにセットします。

8.1. 横圧システムのバルブ位置

三方弁6を空気圧供給(右)側に向けます。

これから横圧を設定することになりますが、垂直荷重はサーボ制御しておいて下さい。等方状態のとき三軸室内のロードセルの指示値はゼロになります。

8.2. 横圧を上げながら真空度を下げる

横圧調圧弁Bを時計回転方向に回すと横圧が上がります。横圧を10kPa程度まで上げたら、真空調圧弁Dを反時計回転方向に回して真空度を0にします。

9. 試料の飽和

試料を飽和させるために脱気水槽から試料に給水します。給水の前に、炭酸ガスを試料内部に流すことができれば飽和度はより高くなります。より高い飽和度が必要な場合は試料に炭酸ガスを使用します。

9.1. 炭酸ガスを流す

炭酸ガスを流さない場合はこの手順を飛ばします。

調圧弁とスロットバルブが付いている炭酸ガスポンプを用意します。調圧弁は出来るだけ低圧にしておきます。

炭酸ガスを流す場合、炭酸ガスは三方弁 13 の右側に配管して下さい。また、炭酸ガスが追い出した空気の出出口として、二方弁 4 のチューブの先端をバケツの水に入れます。チューブの先端から出る気泡の量で炭酸ガスの量を目視できます。先に二方弁 3 を開いておいて、二方弁 2 を開くと炭酸ガスが流れますので、バケツの中のチューブから出る気泡の量を見ながら二方弁 2 の開き加減を調節して気泡がゆっくり出るようにします。炭酸ガスを充分流したら二方弁 2 を閉じて炭酸ガスを流すのを停止します。

9.2. 脱気水を流す

二方弁 4 のチューブの先端をバケツの水に入れます。

チューブから出る気泡の量で流す脱気水の量を目視出来ます。

二方弁 3 は開き、三方弁 13 を左に向け、二方弁 2 は閉じておきます。

三方弁 16 を解放側に向け脱気水槽を大気に解放し、三方弁 13 を左、二方弁 10、2 を開くと脱気水が供給され脱気水によって押出された二酸化炭素がバケツの水の中のチューブの先端から気泡となって出ますので、ゆっくり気泡が出るように 2 のバルブの開き加減を調整します。チューブの中にエアがあるようならば間隙水圧のエア抜きプラグを開き配管中の気泡を抜いてください。試料の中の気体が押し出されている間は、バケツの中にさしたチューブから気泡が出ていますが、気泡が無くなると、やがて試料を通った脱気水が出るようになります。脱気水を十分に流したら二方弁 2 を閉じます。

ここで試料（上）への配管内のエアを抜きます（三軸室二方弁 3 と三方弁 11 の間の配管）。二方弁 10 を開き、三方弁 11 を左に向けると脱気水が二方弁 3 まで流れますので、二方弁 4 を開いて排水し、配管中のエアを追出します。

10. 背圧及び横圧供給、B 値チェック

これまで、8. 試料飽和、までの操作で横圧が 10kPa 負荷され、試料内は飽和されています。背圧はまだ負荷されていません。

10.1. 背圧供給

背圧は二重管ビューレットを介して負荷します。二方弁 10 は閉じます。バルブは全てを閉じてから必要なバルブを開くと間違いが少なくなります。二重管ビューレットの三方弁 18 を給圧(右)側に向けます。二方弁 12 を開き、三方弁 11 と三方弁 13 を左側に向けます。三軸室の二方弁 2 と 3 を開きます。これで、試料内部と二重管ビューレットは接続されます。

二重管ビューレットの水位が試料の中心になるように二重管ビューレットの位置を合わせます。この状態が試料の間隙水圧の真のゼロになります。間隙水圧測定のゼロバランスを計測ソフトで取ります。

背圧調圧弁 C のハンドルを時計方向に回して上げて行くのですが、三方弁 6 が右側に向いていることを確認して下さい。三方弁 5 は、左向きです。

背圧調圧弁 C を時計回りに回して背圧を上げます。

背圧を予定の圧力、ここでは例えば 100kPa まで上げます。その時、横圧は約 110kPa まで上がるはずですが、もし横圧が 110kPa に達していなければ横圧調圧弁 G で調整して 110kPa に合わせます。

また、ここまでの横圧=110kPa、背圧=100kPa の設定になります。

充分時間をかけて圧力を安定させます。

10.2. B 値チェック(飽和)

B 値のチェックをして飽和度を計算します。

供試体を非排水状態にするために、二方弁 2 と 3 を閉じます。

横圧を上げるには、横圧調圧弁 B を時計方向に回します。

ここでは横圧を 130 kPa に設定して間隙水圧が 118.0 に上がったとします。

その時の B 値は下記のように計算されます。

$$B \text{ 値} = (118.0 - 100.0) \div (130.0 - 110.0) = 18.0 \div 20.0 = 0.90 = 90\%$$

この場合 B 値は 90%ということになります。

B 値が 95%以上に達したら次の手順に移ります。しかし、B 値が 95%未満だった場合、液状化試験など、95%以上の B 値が求められる試験の場合は、背圧を高く設定することで B 値を上げる必要があります。

まず、横圧調圧弁を反時計回りに回し、横圧を 110kPa に戻します。その時、背圧は 100kPa に減少します。

それぞれの空圧調圧弁は減圧時、ハンドルを止めても更に圧力が降下することがありますので、なるべくゆっくりハンドルを回してください。圧力が予定の設定圧力よりも下がってしまいそうときには時計回りに回して圧力を調整する必要があります。

次のように背圧を更に上げます。

二方弁2と3を開き、背圧調圧弁 C のハンドルを時計方向にゆっくり回します。背圧が増え、横圧も増えて行きます。

背圧を 200kPa 程度に上げます。横圧は自動的に 210kPa 程度まで上がります。もし 210kPa まで上がらなかったら、横圧調圧弁 B で値を調節します。

充分時間をかけて圧力を安定させます。

ここで再び二方弁2と3を閉じ、12-2 の手順に戻り B 値をチェックします。

B 値が 95%以上に達したら圧密試験に移ります。

10.3. 圧密試験

三軸室の二方弁2と3を閉じて横圧を所定の値まで上げます。

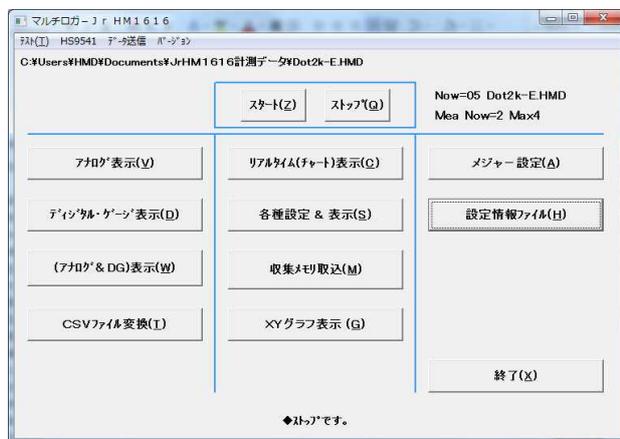
ソフトの計測を始めてから、バルブ2と3をゆっくり開くことにより、試料の中の水が試料の両側を通り二重管ビューレットの方に移動します。これが圧密試験になります。

体積変化が終了すれば、計測も終了し圧密試験も終了します。

11. 三軸試験（動的変形、液状化、静的）

各三軸試験を行う前に、マルチロガー J r の設定情報ファイルを変更して置きます。

詳しい操作は、マルチロガー J r 取説で・・・



12. 各CH, DGのセンサー割り付け

- CH1 ⇒ 荷重計
- CH2 ⇒ 微小変位 (GAP)
- CH3 ⇒ 軸LDT1
- CH4 ⇒ 軸LDT2
- CH5 ⇒ 間隙水圧 (背圧)
- CH6 ⇒ 体積計 (ビューレット、差圧計)
- CH7 ⇒ 横圧
- CH8 ⇒ 制御用変位/横LDT
- DG1 ⇒ 大変位

13. 試験の準備から圧密前まで

(1) 試験機、コンプレッサーの準備と一次圧調圧

- ① 変位計を初期位置にしておきます。その際、リニアゲージの側面がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。
- ② GAPセンサーを上限に移動しておきます。動的変形試験時以外は、常にこの位置が所定位置です。
- ③ ビューレット上部の弁を、解放状態にしておきます。背圧供給時のみチューブ側にします。
- ④ コンプレッサー電源を入れます。
- ⑤ 水抜き弁を開けて水を抜き、エアのみになったら弁を閉めます。
- ⑥ エア供給弁を開きます。
- ⑦ 補助タンクがある場合は、⑤と同様に水抜きをして、エア供給弁を開きます。
- ⑧ 試験機の一次圧を**0.6MPa**まで上げます。
- ⑨ 尚、操作を熟知するまでは、**0.4MPa**までとします。
- ⑩ 平衡圧調圧弁を**0.02MPa**にします。尚、試料セット時までは何時でもこの状態です。
- ⑪ 必要ならば、メニュー>>設定情報ファイル>>**Dot2k-1.HMD** (マルチロガーJrの初期値演算を使用しないファイル) に設定した後、各センサーを確認します。

(2) 試料セット前にペDESTAL等のエア抜き

- ① 脱気水槽の弁を解放します。
- ② パネルの脱気水槽と試料(下)をつなぎます。
- ③ 三軸室手前にある試料下の弁を徐々に開けます。ペDESTALから溢れた水は拭き取ります。
- ④ 三軸室手前にある試料下のエア抜き、更に間隙水圧計のエア抜きを緩めて水を捨てます。
- ⑤ 三軸室手前にある試料上の弁を徐々に開けます。キャップから溢れた水は拭き取ります。
- ⑥ 弁を全て元に戻します。

(3) 真空槽の水抜き

- ① 真空槽を解放して、真空槽排水のコックを開けます。
- ② 排水が終われば閉めます。
※ただし、真空槽に水が溜まっていなければ必要はないです。

(4) 試料セット I ◆自立出来ない試料(標準砂等)の場合◆

- ① 試料台のロックを外して、台を手前に引きます。手前に引く際は、配管されているチューブに気を付けて下さい。
- ② ペDESTALに、ゴムスリーブをセットします。
- ③ 出来るだけ下の方まで、ゴムスリーブを被せてリングで留めます。
- ④ ゴムスリーブを挟み込まないように、砂用モールドをセッティングします。
- ⑤ 真空ポンプの電源を入れます。

- ⑥ 中に砂を入れる前に、Oリングを砂用モールド上部の溝にセットして、その上から余ったゴムスリーブを被せます。
- ⑦ モールドサクションに、砂用モールドのカプラー部分を挿入して、ゴムスリーブとモールドの間を真空状態にします。
※この時、砂用モールドに隙間があると、真空にはなりませんので、留め具のネジはきちんと締めて下さい。
- ⑧ ゴムスリーブの底に、ろ紙を置きます。
※綺麗に底付けをする為に棒を使います。
- ⑨ 上記のモールド、に砂受け皿、カラーの順に設置します。
- ⑩ 密度測定の為、使用する分の重さを量っておきます。
- ⑪ ジョウロとスプーン等を用いて、カラーとモールドの切り替わり面まで砂を入れます。
- ⑫ 砂の表面を筆で綺麗に整えて、整えた砂の上に、ろ紙を置きます。
- ⑬ カラー、砂受け皿の順に外します。
- ⑭ 必要ならば、サーボアンプの **LEVEL** を使用して、キャップが試料台よりも、若干上になるようにキャップを上げます。(時計方向=下がる、反時計方向=上がる)
- ⑮ 試料台を定位置にセットして、ロックをします。
- ⑯ 必要ならば、メニュー>>設定情報ファイル>> **Dot 2k-A, HMD** (圧密用ファイル) に設定します。
- ⑰ メニュー>>各種設定>>NULLデータ取り込みに入り、CH1～8迄のNULLデータを取り込みます。
- ⑱ メニュー>>スタートとストップをかけて、XY表示に入り、別窓で数値表示を開き、CH表示に切り替えてからCH1 (荷重) を見ます。
- ⑲ CH1 (荷重) を見ながら、サーボアンプのLEVEL を調整して、試料上部とキャップを接続させます。※CH1 の荷重の値が**約0.001 kN**増加する位がベストです。
- ⑳ ゴムスリーブ、Oリングの順にキャップに被せてゆきます。
- 21 平衡圧を**0.1MPa**まで上げてゆきます。荷重が減少する場合は、サーボアンプのLEVELで時計方向に調整します。
- 22 真空槽を真空供給につないで、真空調圧を**0.01MPa**まで上げます。
- 23 パネルの試料(上)の弁を真空供給にして、三軸室手前の試料上を徐々に開けます。
CH表示のCH5 (間隙水圧、約-10kPa)を確認します。
- 24 パネルからモールドサクション接続カプラーを外し、砂用モールドを静かに外します。
- 25 三軸室手前の試料上を閉じ、数値が落ちていかないか確認します。
CH表示のCH5 (間隙水圧、約-10kPa)で、約2～3分確認します。
- 26 もし真空圧が落ちる様であれば、ゴムスリーブのピンホール、ゴムスリーブとキャップ若しくはペDESTALの間に砂等が入り込んでいる可能性がありますので、適度の箇所からやり直します。
- 27 HMD-LDTを使用する場合はゴムスリーブにLDTをセットします。(図aを参照)
- 28 三軸セルの円筒を奥までしっかり入れ込みます。
- 29 変位計の隙間を、液状化では約10～15mm、他では約5mmの余裕の所まで落とします。

その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。

- 30 パネルの三軸室の弁を給水にして、給水ポンプのスイッチを入れます。
- 31 三軸室手前の給排水を徐々に開けます。
- 32 試料上部のOリングが隠れるまで水を入れます。
- 33 給排水の弁を閉じ、給水ポンプを止め、パネルの三軸室の弁を戻します。
- 34 三軸室上部のエア抜きを締め、三軸室の弁を排気から横圧供給にします。
- 35 CH表示のCH5（間隙水圧、この場合は真空圧）とCH7（横圧）を見ながら、
真空と横圧の差が10kPaとなる様に、真空を徐々に下げて、横圧をゆっくり上げます。
真空を0.00MPaまで落とします。
- 36 三軸室手前の試料上を閉じます。
- 37 問題なければ、パネルの試料（上）の真空供給と真空槽の真空供給の弁を閉じます。
- 38 真空ポンプの電源を切り、片付けます。

(5) 試料セット II ◆自立する試料の場合◆

- ① 必要ならば、整形された試料の側面に、ろ紙を巻き付け、適度に水で貼り付けます。粘土等の試料で有れば、試料を充分水に浸してから、ろ紙を巻きます。
- ② メンブレンジャケット等(φ55の円筒)にゴムスリーブをセットして、試料に被せます。
- ③ メンブレンジャケット等から試料を取り出した時に、上下でゴムスリーブを、折り返して置きます。
- ④ サーボアンプの LEVEL を使用して、キャップを最大まで上げます。(時計方向=下がる、反時計方向=上がる)
- ⑤ 予め、ペDESTALの下部にOリングをセットしておきます。キャップには、プラスチックリングの上からOリングをセットしておきます。
- ⑥ ペDESTALに、ろ紙を敷き試料を乗せゴムスリーブを被せ、Oリングで留めます。試料上部にも、ろ紙を置きます。
- ⑦ 必要ならば、メニュー>>設定情報ファイル>>“Dot2k-A, HMD”(圧密用ファイル)に設定します。
- ⑧ メニュー>>各種設定>>NUL Lデータ取り込みに入り、CH1~8迄のNUL Lデータを取り込みます。
- ⑨ メニュー>>スタートとストップをかけて、XY表示に入り、別窓で数値表示を開き、CH表示に切り替えてからCH1(荷重)を見ます。
- ⑩ CH1(荷重)を見ながら、サーボアンプのLEVELを調整して、試料上部とキャップを接続させます。※CH1の荷重の値が約0.001kN増加する位がベストです。
- ⑪ ゴムスリーブ、Oリングの順にキャップに被せてゆきます。
- ⑫ 平衡圧を0.1MPaまで上げてゆきます。荷重が減少する場合は、サーボアンプのLEVELで時計方向に調整します。
- ⑬ HMD-LDTを使用する場合はゴムスリーブにLDTをセットします。(図aを参照)
- ⑭ 三軸セルの円筒を奥までしっかり入れ込みます。

- ⑮ 変位計の隙間を、液状化では約10~15mm、他では約5mmの余裕の所まで落とします。その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。
- ⑯ パネルの三軸室の弁を給水にして、給水ポンプのスイッチを入れます。
- ⑰ 三軸室手前の給排水を徐々に開けます。
- ⑱ 試料上部のOリングが隠れるまで水を入れます。
- ⑲ 給排水の弁を閉じ、給水ポンプを止め、パネルの三軸室の弁を戻します。
- ⑳ 三軸室上部のエア抜きを締め、三軸室の弁を排気から横圧供給にします。
- 21 CH表示のCH7（横圧）を見ながら、
横圧が10kPaとなる様に、横圧をゆっくり上げます。

(6) 試料上と二重管のエア抜き

- ① 三軸室手前の弁を全て閉じます。
- ② パネルの脱気水槽と試料（上）を開きます。
- ③ 三軸室手前の排水を開け、エアを抜いて、水だけになれば閉じます。
- ④ パネルの試料（上）を閉じます。
- ⑤ パネルの二重管体積計を開けてビューレットに水を溜めます。※勢いよく開けないで下さい。エアが出なくなるか、水が、ビューレットの目盛上部に達する前にパネルの脱気水槽を閉じます。
- ⑥ エアが出る場合は、二重管体積計を開けたまま、パネルの排水を徐々に開け、ビューレットの目盛下部に達する前にパネルの排水を閉じ、5項より繰り返します。
- ⑦ パネルの排水を徐々に開け、三軸セル内の、試料の中心と同じ位の水の高さになったらパネルの排水の弁及び二重管体積計を閉じます。

(7) 試料の水通し（炭酸ガスを流す場合は、先に前項9. 1操作を行います）

- ① 脱気水槽の弁を解放します。
- ② パネルの脱気水槽と試料（下）をつなぎます。
- ③ 三軸室手前の試料上と排水を開けます。
- ④ 三軸室手前の試料下を徐々に開けて中に水を通します。
- ⑤ しばらくしてエアが抜けきったら三軸室手前の試料下を閉じます。
- ⑥ パネルの脱気水槽と試料（下）を閉じます。

(8) 背圧を加えて、B値確認

- ① ビューレットの上部にある、背圧供給弁をチューブ側に向けます。
- ② パネルの二重管体積計と試料（上）と試料（下）の弁を開けます。試験が終了するまでの状態です。
- ③ 三軸室手前の試料上と試料下を開けます。
- ④ 背圧を徐々に0.2MPaまで上げて、三軸室手前の弁を全て閉じます。
- ⑤ 現在の状態から、横圧を40kPaかけて、その時の背圧（間隙水圧）の変化量を見ます。
※CH5は背圧（間隙水圧）、CH7は横圧です

$$B \text{ 値 (飽和度)} = \frac{\text{背圧(間隙水圧)の変化量}}{\text{横圧の増化量}}$$

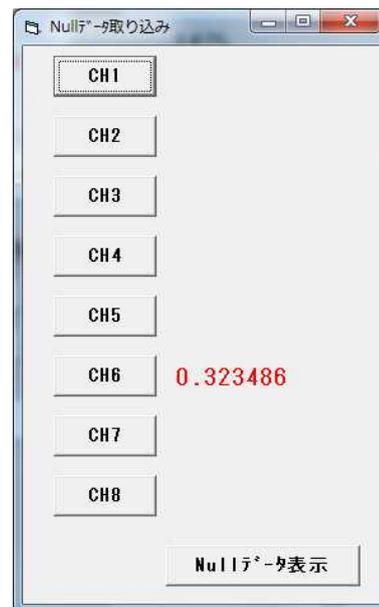
【例】横圧210kPa⇒増加量40kPa⇒250kPa
背圧200kPa⇒変化量36kPa⇒236kPa

よって、 $B \text{ 値} = \frac{36}{40} = 0.9$ ※B値は0.9以上が望ましいです

- ⑥ 横圧を300kPaまで上げます。
※横圧計だと0.3MPa位になります
- ⑦ 以下のようなフォルダーを作って置くの良いです。
【サンプル名 ¥ x ¥ 試験 ¥ B値 ____ 背圧200横圧300】

14. 圧密（等方圧密）

- ① マルチロガー Jr を圧密(Dot-Atu)のまま使用します。
- ② XY表示を開いたまま各種設定に入り、CH6(体積計)のNULLデータを取り込みます。
- ③ 数値表示を開き、CH表示にして、測定開始を押します。
- ④ 三軸室手前の試料上と試料下の弁を同時に開けます。
- ⑤ 10分以上経ったらサンプリングレートを60秒に変えます。尚、この操作は、“数値表示”画面を閉じてから行います。圧密時間が数時間の場合は、時間変更不要です。
- ⑥ 圧密を終わり次第、三軸室手前の試料上と試料下の弁を閉じます。
- ⑦ XY表示画面からデータ保存を行います。
サンプル名 ¥ x ¥ 試験 ¥ B値 ____ 背圧200横圧300 ¥ 圧密過程
- ⑧ 圧密を終わり次第、三軸室手前の試料上と試料下の弁を閉じます。
- ⑨ 数値表示、XY表示を順番に閉じます。

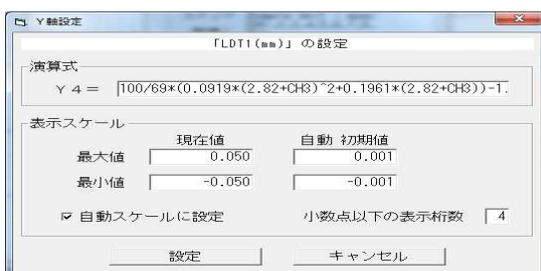


（1） GAPセンサーの調整

- ① メニュー>>設定情報ファイルから読み込まれたファイルを選択して、マルチロガーJrを変形【Dot2k.HMD】に設定します。
- ② XY表示に入る前に一度、スタートとストップをかけて下さい。
- ③ CH表示を閉じて各種設定に入り、GAPのNULLデータ取り込みをします。
- ④ GAP位置調整ネジの下部ネジを、あらかじめ、余裕を持って弛めておきます。
- ⑤ GAP調整上部ネジを時計回りに回し調整します。
- ⑥ GAPセンサーの間隔が1～2mm付近に来たら、CH2のNULLデータを取り込みます。
- ⑦ GAPセンサーの数値が0に近づくまで、調整しながらNULLデータを取り込み続けます。
- ⑧ 最後に、GAP調整ネジの下部ネジを締め、GAPを固定し、CH2（GAP）のNULLデータを取り込みます。
- ⑨ 圧密過程での沈下が大きい場合は、変位計を隙間が約15～20mm程度の余裕の所まで落とします。その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。
- ⑩ 各種設定画面を閉じ、XY表示に戻り、数値表示を開きます。

（2） HS9545アンプのバランス調整等

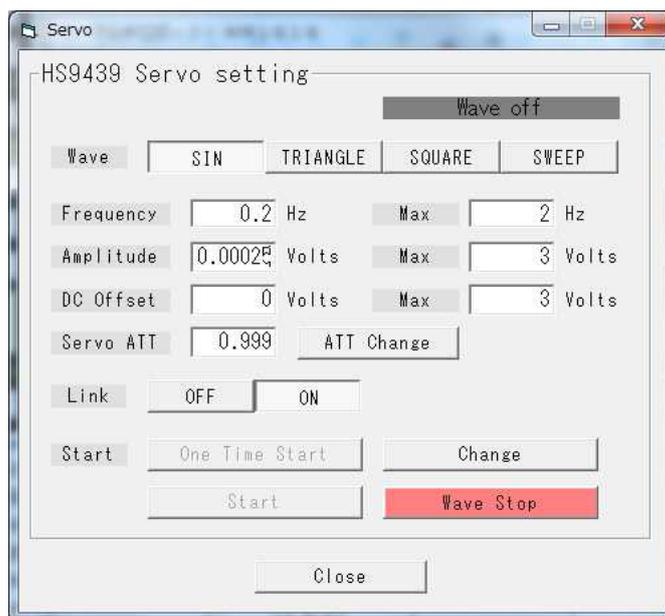
- ① （1）の①で、マルチロガーJrをLDT変形【LxD2kAMP.HMD】に設定します。
より微小を得たい場合は、”LDT2k10A.HMD”を使用します。
- ② それぞれのLDTをLDT用アンプ（HS9545AMP）、AMP出力をJrに接続します。
HS9545AMPの、”ON バランス”を、OFF側（シールド）にします。
- ③ XY表示に入る前に一度、スタートとストップをかけて下さい。
- ④ XY表示に入って、数値表示をCH表示に切り替え、CH3（軸LDT1）とCH4（軸LDT2）の数値を、それぞれメモをして置きます。
【例】1.25 mV/Vなら【1.25】
- ⑤ LDT1（Y4）の設定に入って、…0+CH3…の0の所に、先ほどメモをした数値を2カ所に入力します。
- ⑥ LDT2（Y5）も⑤と同様の作業をして下さい。
- ⑦ HS9545AMPの、”ON バランス”を、ON側にします。付属のミニドライバーでバランス調整器を操作します。CH表示のCH3（LDT1）の示される数値が、”0.01”以下になれば十分です。
- ⑧ LDT2も⑦のように調整します。



(3) Servo設定及び試験

この画面を使用する場合は、サーボンプ（SV-12HMD）の
”OSC-SELECT”を”INT”側にします。

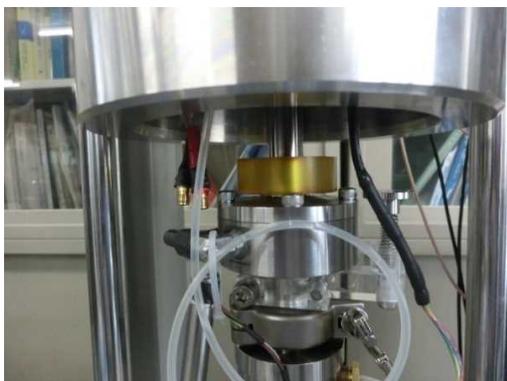
- ① Scheduleを開き、前回の設定を選択した後、**Servo設定**を開きます。
もし前回の設定が無い場合は、“コンパクト三軸制御（SH3112）”ファイルを開きます。
- ② **Frequency**を0.2 Hz
- ③ **Amplitude**は0 Volts
- ④ **Dc offset**は0 Volts
- ⑤ Jr電源ON後の最初の使用では、LinkをOFFにしてOne Time Start
を選びます。ダミーテストします。
- ⑥ **Amplitude**を0.00025 Volts にして、LinkをONにします。
- ⑦ Servo設定を閉じて、測定を開始します。
- ⑧ 終了条件で設定した条件を満たすまで待ちます。
測定終了後、**ステップデータ修得中の表示が消えてから**、【サンプル名¥変形試験¥
B値____背圧200横圧300¥0.2Hz-0.00025V】の様に保存します。
- ⑨ Servo設定を開き、段階ごとに**Amplitude**⇒**Volts**を上げてゆきます。
※0.00025⇒0.0005⇒0.00075⇒0.001 のような流れで、液状化手前まで**Amplitude**
⇒**Volts**を上げてゆきます。
約1V/0.5kN、約1V/250kN/m²と成ります。
- ⑩ 必要な段階が終了するまで、⑦から繰り返します。
- ⑪ 必要な段階が終了した場合は、Servo設定を開いて、**Amplitude**⇒**0Volts**に
して閉じ、数値表示、XY表示を順番に閉じます。



16. 動的三軸（液状化）

写真16-1（保護ゴム）の様にして、変位計を保護する為に、上昇を制限します。

保護ゴムの取付取り外しは、平衡圧を“0”にして行います。



- ① GAPセンサーは、初期位置にして置きます。
- ② 圧密過程での沈下が大きい場合は、変位計を隙間が約10~15mm程度の余裕の所まで落とします。その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。
- ③ メニュー>>設定情報ファイルから読み込まれたファイルを選択して、マルチロガーJrを液状化【Dot2k-E, HMD】に設定します。
- ④ XY表示に入る前に一度、スタートとストップをかけて下さい。
- ⑤ XY表示に入って、Scheduleを開き、前回の設定を選択した後、**Servo設定**を開きます。もし前回の設定が無い場合は、“コンパクト三軸制御（SH3112）”ファイルを開きます。
- ⑥ **Frequency**を0.2 Hzに設定します。**Link**をONにします。
- ⑦ **Amplitude**は、応力比を決め必要な数値0.xx Voltsを設定します。
応力比=振幅 / (2 × 圧密圧力)
例：圧密圧力=100 kPa、応力比=0.2では、振幅=40 kN/m²となり約0.16 Voltsとなります。
- ⑧ **Servo設定**を閉じて、測定を開始します。
- ⑨ 終了条件で設定した条件を満たすまで待ちます。
尚、なかなか液状化しない場合は、手動で測定停止をして、数値0.xxVoltsを上げて再度、⑦からやり直します。保存出来るサンプル数に達しますと自動停止します。
測定終了後、**ステップデータ修得中の表示が消えてから**、【サンプル名 ¥ 液状化試験 ¥ B値 ____ 背圧200横圧300 ¥ 0.2Hz-0.16V】の様に保存します。
- ⑩ **Servo設定**を開いて、**Amplitude** ⇒ **0Volts**にして閉じ、数値表示、XY表示を順番に閉じます。

17. 静的三軸

- ① GAPセンサーは、初期位置にして置きます。
- ② メニュー>>設定情報ファイルから読み込まれたファイルを選択して、マルチロガーJrを静的【Dot2k-S, HMD】に設定します。
- ③ XY表示に入る前に一度、スタートとストップをかけて下さい。
- ④ サーボンプ（SV-12HMD）の”OSC-SELECT”を”EXT”側にします。
- ⑤ ファンクションジェネレータ（FG-12HMD）を以下の様に設定します。
FG-12HMD取説3ページを参照して、FRQのATT及び数値、COUNT（1）、FUNC（Sweep）、POL.（+）、SCALEのATT（1/1）及び数値を設定します。
- ⑥ 変位計を隙間が約2mm程度の余裕の所まで落とします。その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。

**** 以下 サーボ切替操作 ****

- ⑦ DA24-DGHMD使用では、“Reset”スイッチを押します。
- ⑧ サーボチェンジャー（SVC-14HMD）で以下の操作をします。
Volts/mVを、“Volts”側にして、“荷重計”側にしたとき表示されている数値が、“変位計”側にしたときも同じになる様に、“変位計オフセット”を調整します。
その後、Volts/mVを、“mV”側にして、細かな調整を行います。
- ⑨ 数値が等しくなった状態で、サーボチェンジャー（SVC-14HMD）の“サーボ切替”を、“荷重”から“変位”に切り替えます。

**** 以上 サーボ切替操作 ****

- ⑩ XY表示に入って、測定を開始します。
直ぐに、ファンクションジェネレータ（FG-12HMD）の”START/STOP”を押します。
- ⑪ 終了条件で設定した条件を満たすまで待ちます。必要ならば、手動で測定停止します。
尚、液状化後の静的試験では、応力が発生しないで、10%以上のひずみに成ることがあります。この様な場合は、試験可能なひずみ量が足らなく成りますので、手動終了後にファイルを保存して、⑫～⑬の操作を行い、再度⑥からやり直します。
【サンプル名¥静的試験¥B値____背圧200横圧300¥CD】の様に保存します。
- ⑫ 通常の静的試験の終了では、以下の操作はパスして、後述の”試験後”の操作を参照します。
ファンクションジェネレータの”RESET”を押します。
変位計が元の位置まで戻ります。この時、振動が起こるようでしたら、サーボンプ（SV-12HMD）の”SCALE”を数字の小さく成る方（反時計）に回します。10>>9, 8, 7
- ⑬ 通常の静的試験の終了では、以下の操作はパスして、後述の”試験後”の操作を参照します。
サーボチェンジャーでの操作をします。
サーボ切替”を、“変位”から“荷重”に戻します。

静的試験をやり直す時は、以下の操作を行います。

サーボアンプの”SCALE”を変更した場合は、元（通常500）に戻します。

変位計が伸びてくると思いますが、伸びない場合は、サーボアンプの”LEVEL”を調整して、先程試験を終了した位置近くの変位量になる様にします。

- ⑭ 数値表示、XY表示を順番に閉じます。

注意！！ サーボ切替は、間違った操作を行うと試料及び試験機を損傷させますので十分注意して行います。

トラブルの対処！！ もし、PC操作中にJrの応答がなくなった場合は、Jrに接続されている”CNDA”ケーブルを取り外して、Jrのみ電源OFFにします。その後、電源ONにしてPC操作が正常であれば、”CNDA”ケーブルを接続します。この操作で、制御に影響なく試験が続行出来ます。但し、スケジュールを使用中では、回復は不可となりますので、バルブを閉じる等で、安全を確保します。

18. 試験後

試験が終了したら三軸室内に負荷されている荷重や圧力を解放してから三軸室を分解します。

(1) ◆変位制御の状態を終了する場合◆

- ① 平衡圧調圧弁を0.02MPaまで下げます。
- ② FG12-HMDの”RESET”ボタンを押します。SV12-HMDのサーボ切替を”荷重”に切り替えます。連続して静的試験を行わない場合は、OSC SELを”INT”に切り替えます。
- ③ “荷重制御の状態を終了する場合”2項から続けます。

(2) ◆荷重制御の状態を終了する場合◆

- ① 平衡圧調圧弁を0.02MPaまで下げます。
- ② GAPセンサーは、初期位置にして置きます。
- ③ 変位計を初期位置に戻します。その際、リニアゲージの裏側がピストンにぶつからないように気を付けて下さい。
- ④ 背圧を0.05MPaまで落として、横圧を0.05MPaまで下げます。
- ⑤ 三軸室の弁を排水にして、三軸セル内の水を抜きます。
※水が少なくなると気泡が出るので気を付けて下さい

- ⑥ 横圧をOMP aまで落とします。
 - ⑦ エア抜きを緩めて、三軸セルの円筒を上げます。
 - ⑧ 試料台の周りの水を拭き取ります。
 - ⑨ HMD-LDT使用時は、LDTとヒンジを外します。
 - ⑩ キャップからゴムスリーブ外し、サーボアンプのLEVELを使って、キャップを上げます。
 - ⑪ 必要ならば、輪ゴムでゴムスリーブの上部を留めて、配管されているチューブに気を付けながら、試料台のロックを外し、台を手前に引きます。
 - ⑫ 三軸試験機のすべてのバルブ及び弁を初期状態に戻します。5ページの写真を参照。
※必要ならば脱気水槽に水を入れます。
 - ⑬ 一次圧をOMP aにします。
 - ⑭ コンプレッサーのエア供給弁を閉じます。
 - ⑮ 水抜き弁を開けて水を抜いてから、コンプレッサーの電源を切ります。
- ※ 補助タンクがある場合は、コンプレッサーの水抜きをする前に、補助タンクの水抜きをしてから、補助タンクのエア供給弁を閉じます。

【脱気水槽の水入れ】

＜真空ポンプ使用＞

- ① 真空ポンプの電源を入れます。
- ② 真空を0.08MP aまで上げます。
- ③ 真空槽と脱気水槽をつなぎます。
- ④ 脱気水槽給水のcockを開けて、必要量まで脱気水槽に溜まった後、cockを閉じます。
- ⑤ 真空槽と脱気水槽の弁を戻します。
- ⑥ 真空をOMP aまで落としてから、真空ポンプを片付けます。

＜給水ポンプ使用＞

- ① 脱気水槽を解放します。
- ② 給水ポンプの電源を入れます。
- ③ 脱気水槽給水のcockを開けて、必要量まで脱気水槽に溜まった後、cockを閉じます。
- ④ 給水ポンプの電源を切ります。
- ⑤ 脱気水槽の弁を戻します。

【脱気水槽の脱気】

- ① 真空ポンプの電源を入れます。
- ② 真空を0.08MP aまで上げます。
- ③ 真空槽と脱気水槽をつなぎます。
- ④ 1時間以上この状態で維持します。
- ⑤ 真空槽と脱気水槽の弁を戻します。
- ⑥ 真空をOMP aまで落としてから、真空ポンプを片付けます。

19. 荷重と圧力の関係

SH3112コンパクト三軸試験装置は、サーボバルブ圧により载荷され、平衡圧により除荷します。サーボバルブ圧により押し出されるピストン荷重は、約0.5kN/100kPaです。

サーボバルブ圧と平衡圧は、2：1の関係にあります。

従いまして、荷重2kNに必要なサーボバルブ圧は、400kPa+平衡圧/2となります。

通常試験中の平衡圧は、200kPa（0.2MPa）を標準としていますので、必要な一次圧は余裕を見て600kPa（0.6MPa）にします。

各試験において、引く力が0.5kNより大きい場合は、平衡圧を増加させます。

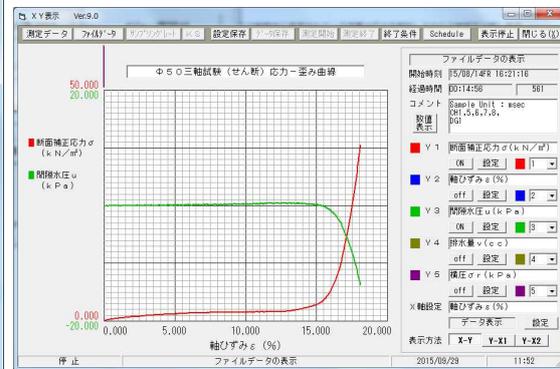
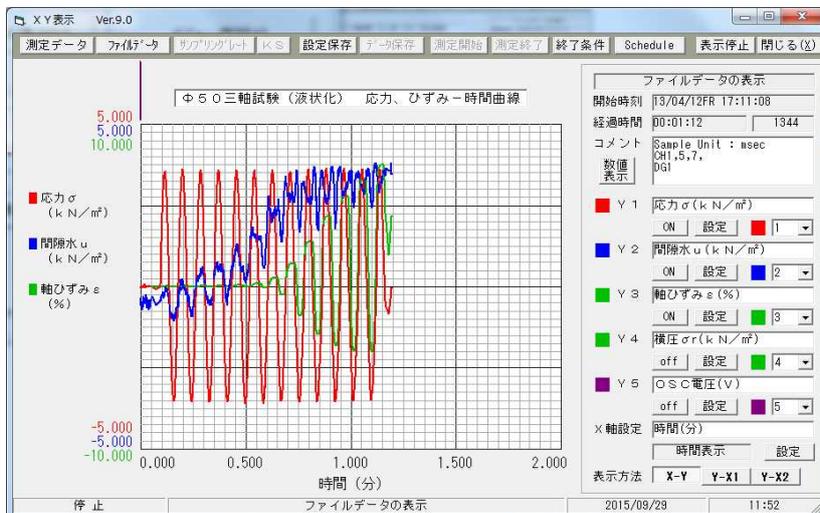
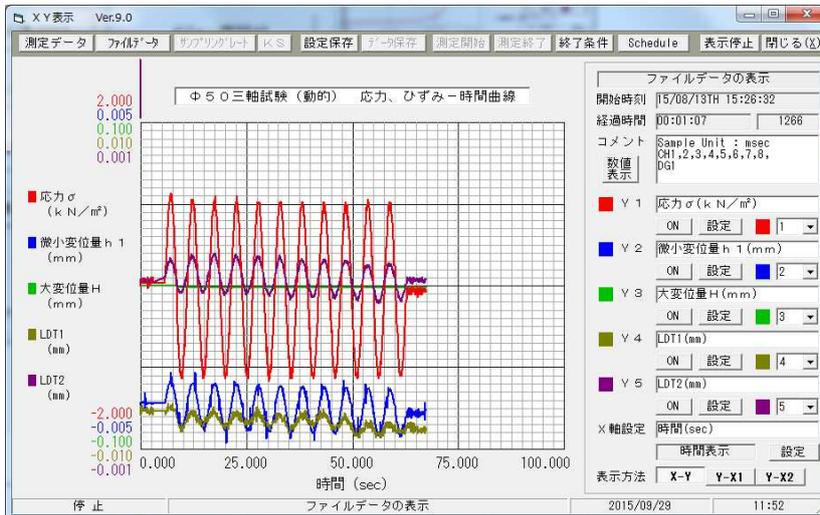
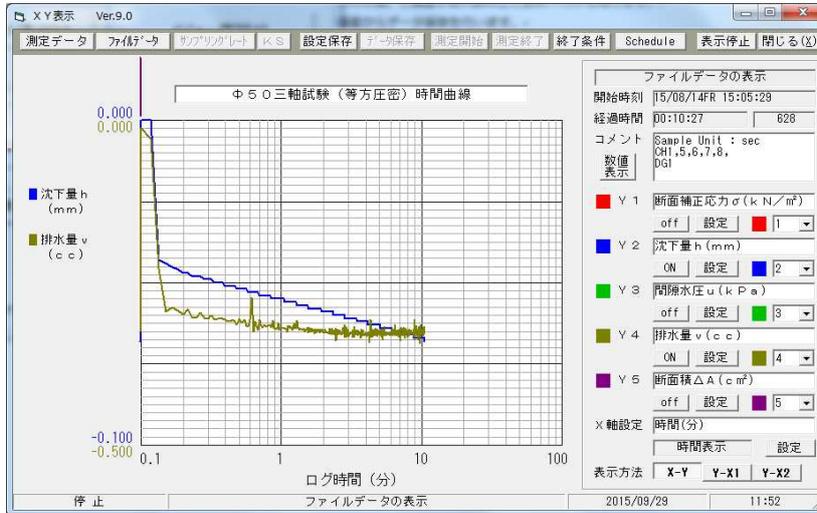
この場合、上述の関係を満足する一次圧にします。但し、一次圧の最大は、0.8MPaまでです。

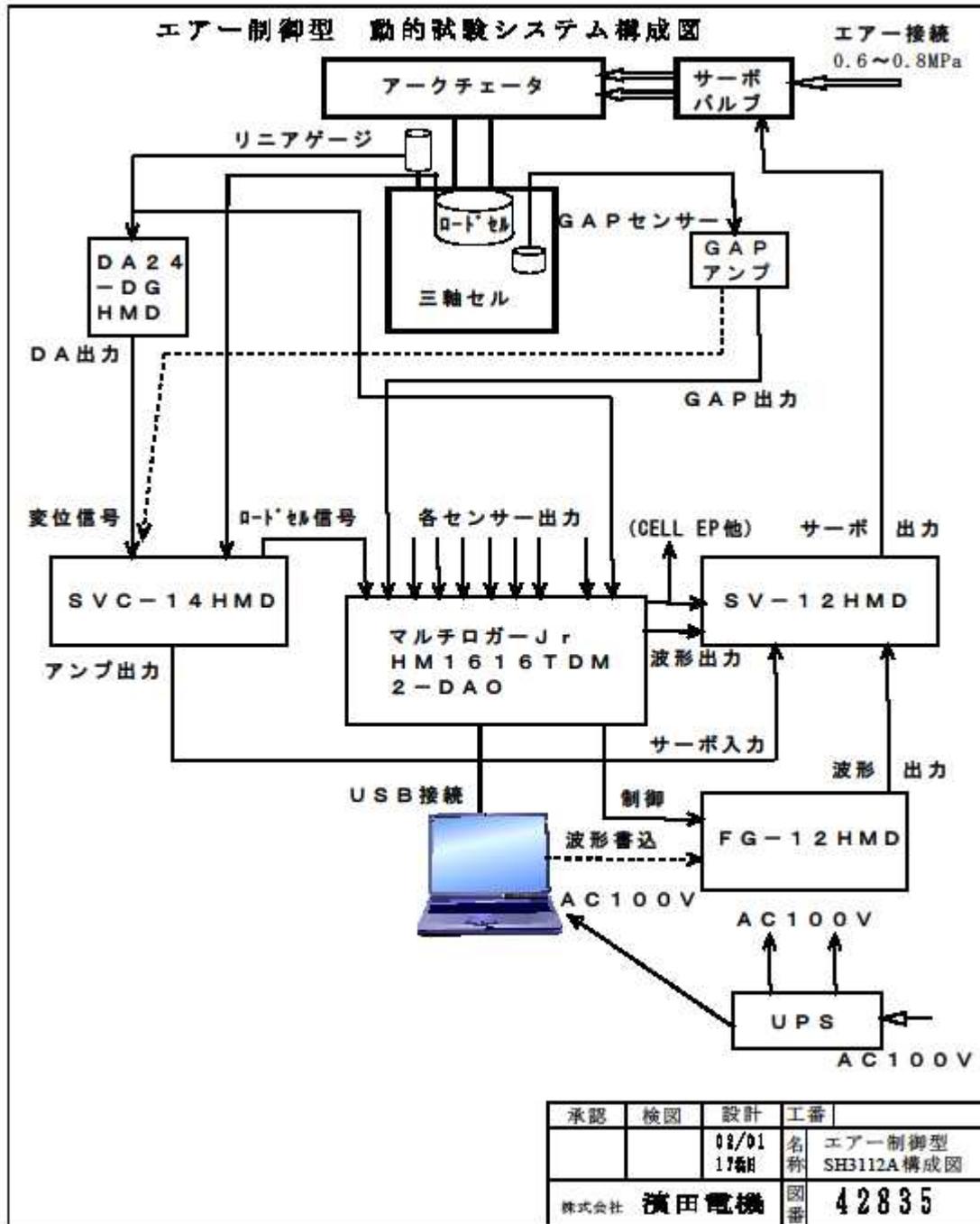
尚、マルチロガーJrの“SERVO”画面で設定出来る荷重は、標準では約1.5kN（3V）までですので、これを越える場合は、FG-12HMDを使用して試験を行います。

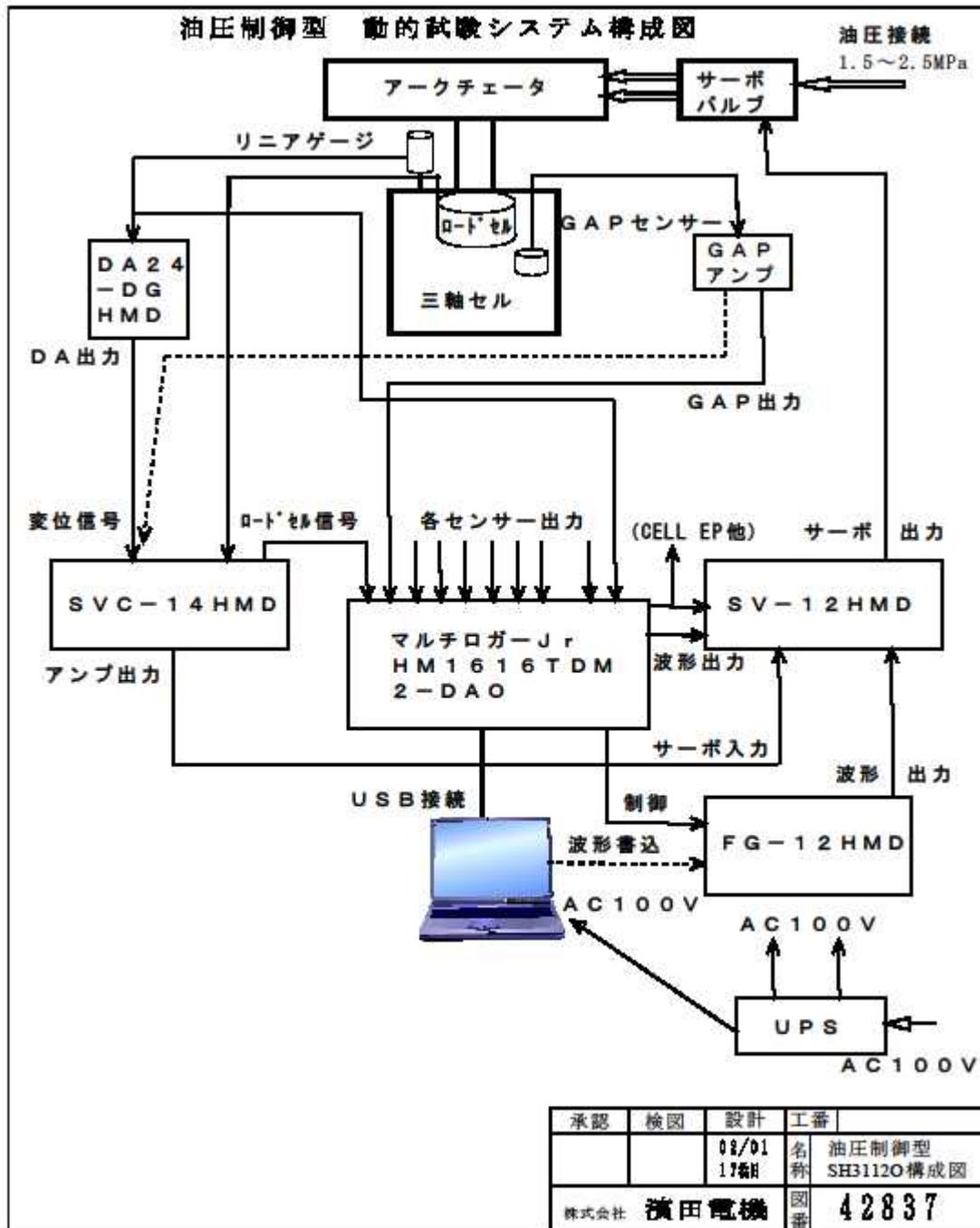
この場合は、“スケジュール”を開かないで、“測定開始”のみ行い、FG-12HMDをスタートさせます。サーボアンブ（SV-12HMD）の“OSC-SELECT”を“EXT”側にします。

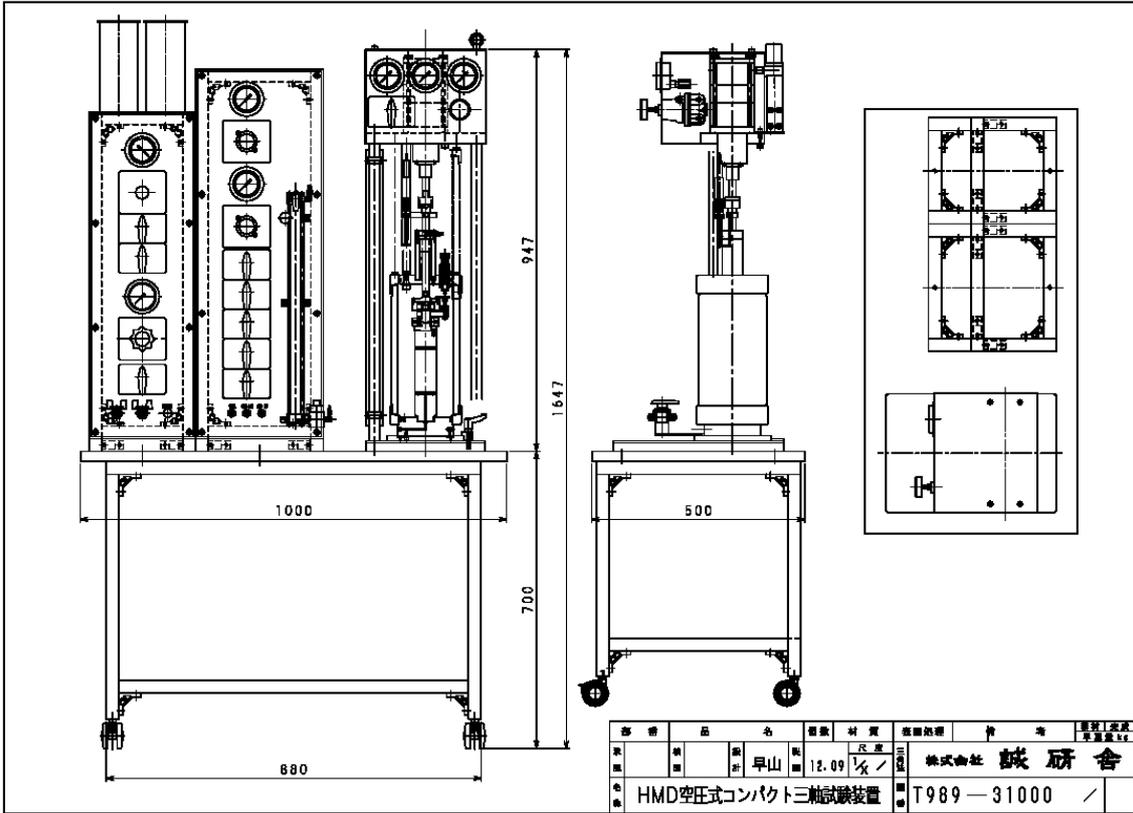
20. 各試験画面

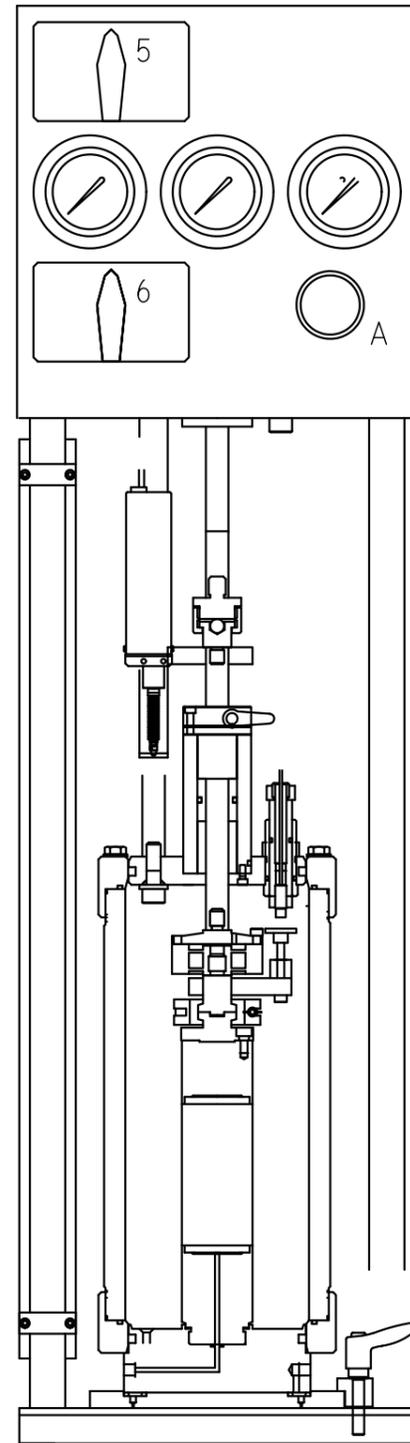
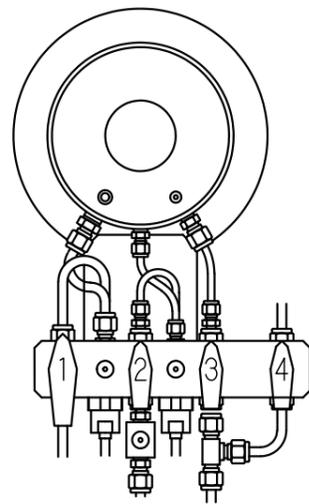
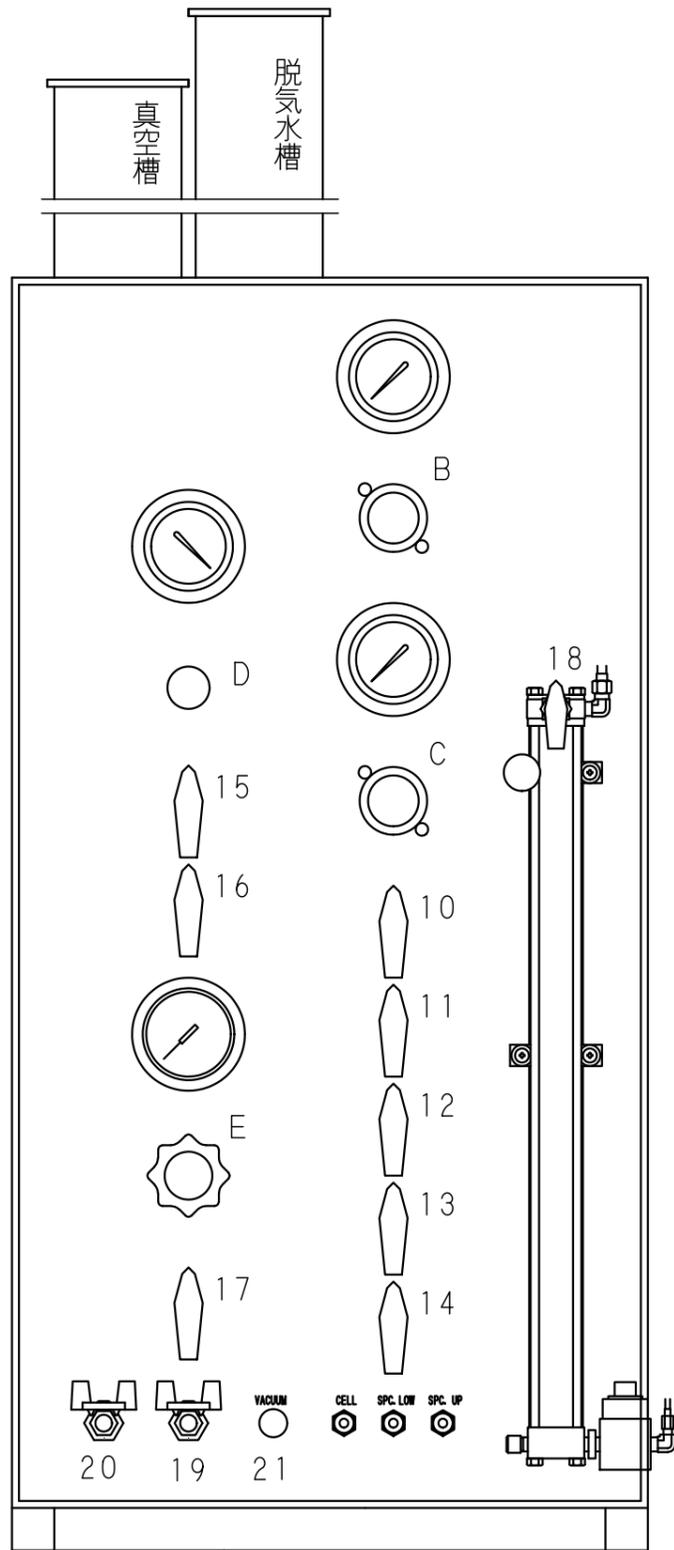
各試験の時に使用する画面です。上から圧密試験、変形試験、液状化試験、静的試験



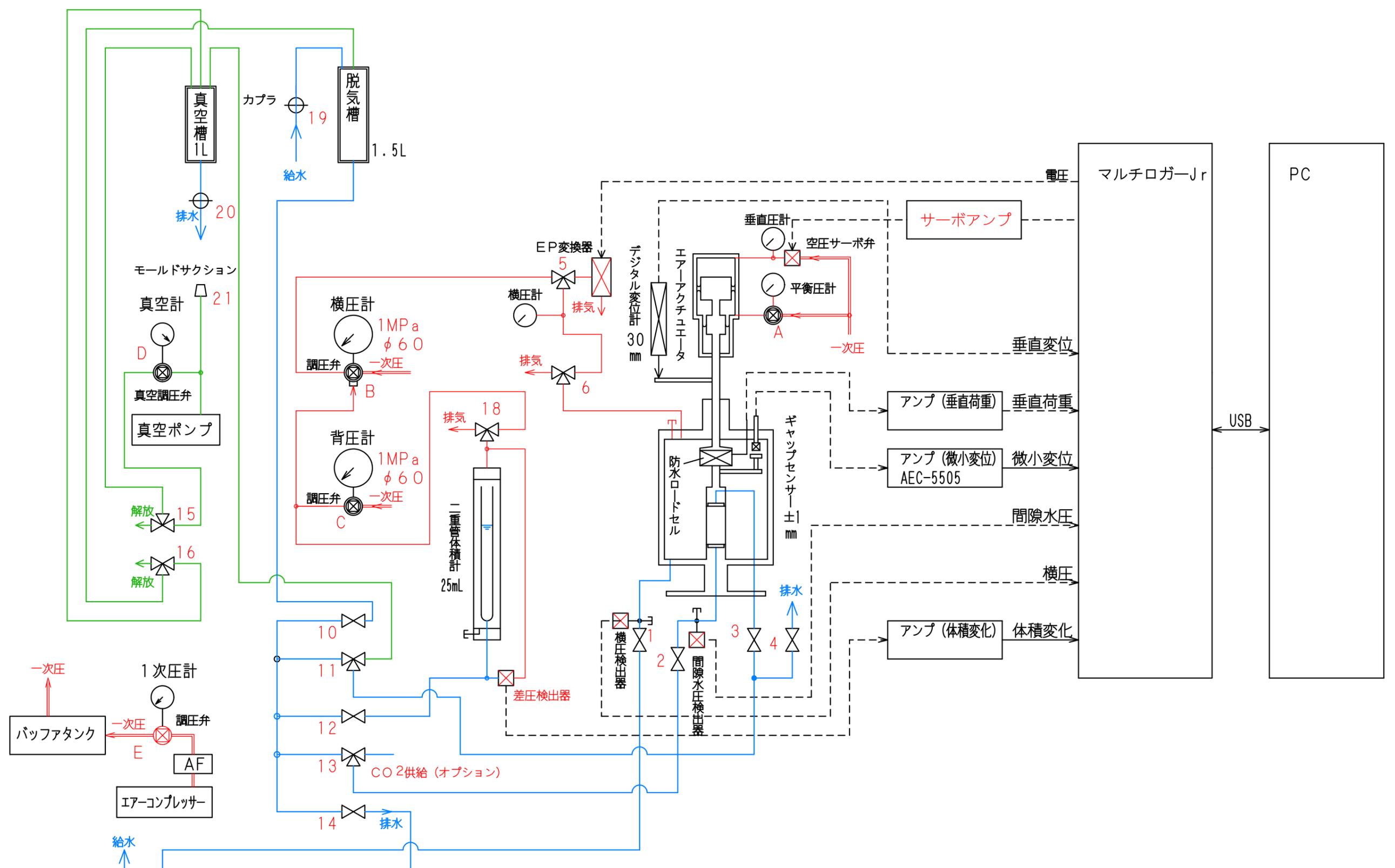








部番		品名		個数	材質	表面処理	備考	素材 単重量 kg	完成
		水空気系制御装置		1					
承認	検図	設計	早山	製図	北村	尺度 13.03 1/5 /	三角法	株式会社 誠研舎	
名称	HMD空圧式コンパクト三軸試験装置			図番	T989 — 32200		/		



システム系統図										
部番	品名			個数	材質	表面処理	備考		素材 単重量 kg	完成
承認	検図	設計	早山	製図	13.03	尺度 1/4	三角法	株式会社 誠研舎		
名称	HMD空圧式コンパクト三軸試験装置					図番	T986-30901		/	