

Ⅲ－23 薬液固結砂の液状化抵抗に関する実験

東北学院大学 学生員○橋本 裕
 東北学院大学 学生員 丹野 由葵子
 東北学院大学 齋藤 孝一

1. はじめに

三軸試験機を用いて非排水条件における緩い飽和砂・薬液処理した飽和砂の変形および間隙水圧を測定し、薬液固結砂の液状化抵抗性を評価することを目的とした。

2. 実験概要

図-1に示す実験装置を用いて非排水条件のもとで平均主応力一定 ($p=100\text{kPa}$) 試験を行った。試料は豊浦標準砂を使用し、固結供試体作成にはシリカ濃度6%の薬液を使用した。

3. 供試体作成方法

・緩詰め供試体

モールド内に脱気水を満たし、湿らせた試料を浮力を利用して緩く堆積させる。

・密詰め供試体

モールドに半分ほど脱気水を入れ、試料約20g入れるごとに針金で200回突く。

・固結砂供試体

アクリルコップに薬液を満し、緩詰めと同じ要領で試料を堆積させる。

4. 実験概要

緩詰め ($e=0.83$)・密詰め ($e=0.62$)・固結 ($e=0.83$) の各供試体に非排水・平均主応力一定条件のもと、圧力制御による載荷・除荷試験を行い、せん断ひずみと間隙水圧を測定した。

5. 実験結果

緩詰め供試体と固結砂供試体とを比較すると、緩詰め供試体では、せん断初期および除荷過程の後半部での過剰間隙水圧の発生が大きい(図-2)。一方、固結砂供試体では、過剰間隙水圧はせん断初期、除荷過程においてもほとんど発生していない(図-3)。この過剰間隙水圧の変化を反映して、応力比-せん断ひずみ曲線関係も異なるものとなった。緩詰めでは、図-4に示すように4.4%のせん断ひずみが発生したのに対して、固結砂では1.4%程度のせん断ひずみに留まっている。明らかに、固結砂のほうが剛性が高い結果となっている。

6. 薬液固結砂が液状化抵抗を増加させるメカニズム

上記実験で示したように、薬液固結砂は非排水せん断において過剰間隙水圧の発生がほとんどない。このことは液状化抵抗が大きいことを示している。

ここでは、薬液固結砂が液状化抵抗を増大させるメカニズムにつ

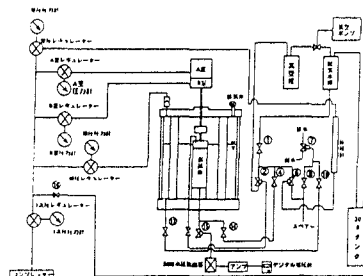


図-1 実験装置

表-1 固結砂に用いた薬液の配合表

A 液		B 液	
3号珪酸ソーダ	…53ml	硫酸	…5.3ml
水	…347ml	硫酸バンド	…11g
		水	…480ml

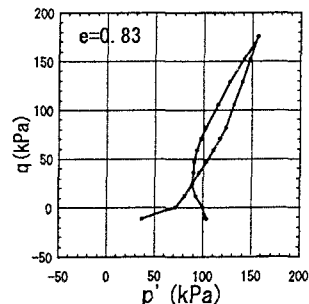


図-2 有効応力経路 (緩詰め)

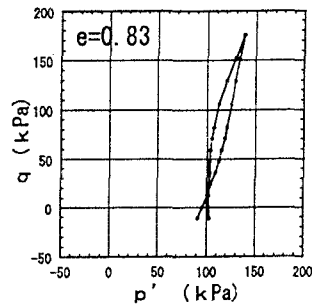


図-3 有効応力経路 (固結砂)

いて“粒状柱”の観点から考察する。

非排水せん断試験における過剰間隙水圧増分 du_w と排水せん断時のダイレイタンスー増分 dv_d の関係は、飽和砂の場合には、次式で与えられる。

$$du_w = K^* dv_d \quad (1)$$

ここに K^* は砂骨格の除荷時の体積圧縮剛性である。この式より解くことは、過剰間隙水圧の発生量を小さくするためには、繰り返し载荷中の負のダイレイタンスー増分を小さくするか、あるいは比例係数の K^* を小さくすれば良いことになる。それぞれのメカニズムについて、別個に考察する。

<負のダイレイタンスー増分を小さくするメカニズム>

図-6 に負のダイレイタンスーが生じるメカニズムを示している。粒子によって形成された、粒子間力のほとんどを伝達する粒状柱が外力により崩壊し、新たな粒状柱を形成することにより、全体として体積圧縮が生じ負のダイレイタンスーが発生することになる。

薬液が粒状柱に囲まれた空隙部分で固結すれば、その固結体は粒状柱を支持することになり、粒状柱の崩壊、マクロ的には負のダイレイタンスーの発生をおさえることになる。固結体により支持された粒状柱は容易に外力を支持するので、異方性もそれほど発達せず、正のダイレイタンスー増分も小さいことになる。

異方性が大きくなるということとは除荷時に対しても、粒状柱は安定であり、除荷過程でせん断力が小さくなった場合にも粒状柱の崩壊は生じない。すなわち、負のダイレイタンスーは小さく、非排水せん断では過剰間隙水圧の上昇は小さいことになる。

以上概説したように、粒状柱の間に固結体が入った場合には、粒状柱を支持することにより負のダイレイタンスーが減少するというメカニズムを考えることができる。

<比例係数 K^* が小さくなるメカニズム>

粒状柱の空隙を充填する固結体をやわらかい液体と考える。粒状柱が崩壊し負のダイレイタンスーを発生させた時に、やわらかいゲルが負のダイレイタンスーの大部分を吸収することができるので、間隙水圧の発生は小さくなる。瞬間的には高い剛性を有する間隙水をゲルで置き換えることにより、比例係数 K^* の値が小さくなる。これが、薬液固結砂が液状化抵抗性を増加させる2つ目のメカニズムと考えられる。

この2つのメカニズムのどちらが卓越するかを断定するためには、今後の詳細な研究が必要とされるが、2つ目のメカニズムは低濃度薬液でも、液状化抵抗性を増加させることを示唆しており、薬液注入の経済性を考える上で、重要なメカニズムである。

7. 結論

実験の結果として、薬液固結砂は同じ密度の飽和砂と比較して、载荷・除荷ともに間隙水圧の挙動は小さく、剛性も高いものとなった。この実験結果は、薬液固結砂が高い液状化抵抗性を示すことを意味している。薬液固結砂の液状化抵抗の増加メカニズムに関して、次の2つを考察した。

- ① 粒状柱を支持するメカニズムにより負のダイレイタンスーが载荷・除荷ともに小さくなる
- ② 固結体がやわらかいことにより、(1)式の K^* は小さくなり、同じ量の負のダイレイタンスーであっても、過剰間隙水圧増分は小さくなる

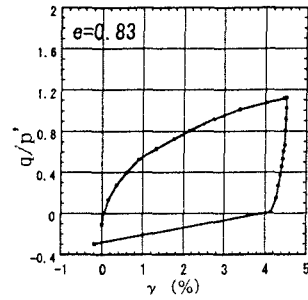


図-4 応力比-せん断ひずみ曲線(緩詰め)

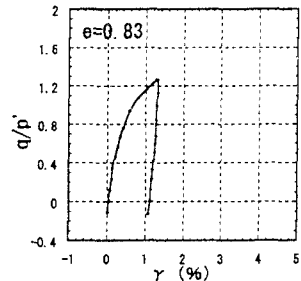


図-5 応力比-せん断ひずみ曲線(固結砂)

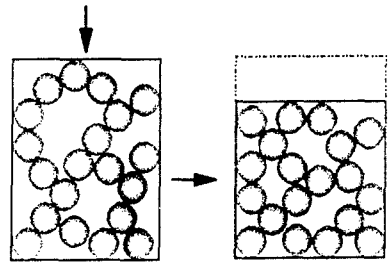


図-6 負のダイレイタンスーのメカニズム