

粒状材料の変形過程を微視的に観察する試み

岐阜大学 学生会員 ○遠藤彰博
徳倉建設株式会社 鈴木琢也
岐阜大学 正会員 沢田和秀
岐阜大学 正会員 八嶋 厚

1.はじめに

粒状体からなる地盤材料の応力-ひずみ関係等のマクロな情報と、土粒子の変位、回転、接触、摩擦、衝突などのミクロな情報は密接に関係している。そのため、従来から走査型電子顕微鏡（SEM）による粘土の圧密試験前後の微視的構造の観察が行われている¹⁾。しかし、この実験では、変形前後で同一の粒子を観察し続けることは難しい。そこで本研究ではそれを試みるため、CCD カメラを用い、砂がせん断破壊する状態、及び一定応力下の砂に水が浸透する状態の観察を行った。試料は豊浦標準砂を用いた。なお、今回は破壊現象の視覚化を第一としているため、データ収集は行っていない。

2.CCD カメラの特徴・仕様

砂粒子の巨視的な挙動を観察するために、CCD カメラを用いた。CCD カメラを用いる利点は、①電子顕微鏡と異なり時々刻々と変化する挙動を観察できる、つまり同じ土粒子を連続して観察できる、②大がかりな準備を必要としない、③高倍率ではないが本当に見たい部分だけを観察できる、等である。一方、欠点としては、高倍率でないため粒径の小さな地盤材料を観察することができないことが挙げられる。今回は、倍率・応力変化を考察の対象とはせず、粒子の移動と回転の観察のみに重点を置いた。

本研究で用いた CCD カメラは PLUS 製のもので、レンズは 25 倍から 100 倍までの倍率を任意に選択できるものを使用した。観察している画像は、CCD カメラを通してモニターに直接映し出すことができる。

3.試験方法

(1) 砂がせん断破壊する状態

図 1 のようにアクリル板で作成した装置を用いる。試料に強制的にせん断帯を形成させ、その様子を CCD カメラにより観察する。

(2) 一定応力下の砂に水が浸透する状態

図 2 のようにアクリル板で作成した装置を用いる。試料に一定の力を与え、その状態で水を浸透させることによりコラプス現象を起こさせ、CCD カメラにより観察する。この試験については、力の与え方、観察ポイント、水の注入ポイントを変え、表 1 のように 3 段階の試験を行った。

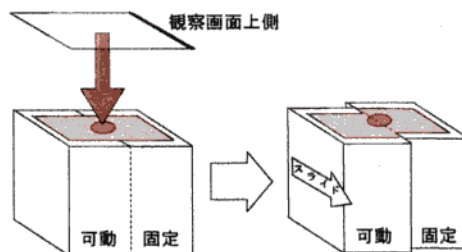


図 1.砂がせん断破壊する状態を観察する装置

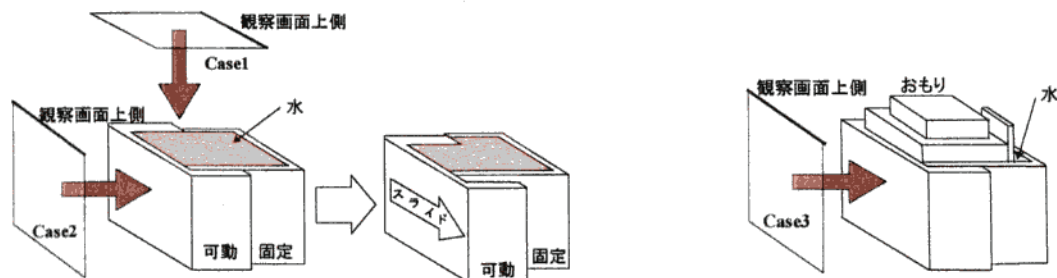


図 2.一定応力下の砂に水が浸透する状態を観察する装置（左：Case1,2 右：Case3）

表 1.試験条件

	載荷方法	観察ポイント	水注入ポイント
Case1	装置による圧縮	上	横
Case2	おもりによる	横	横
Case3	直接載荷	横	下

4.試験結果及び考察

(1) 砂がせん断破壊する場面について（図 3-a～b）

せん断帯付近の砂粒の回転が観察できた。まず、全体的に圧縮が起こる(図 3-a)。動画を見ると全体的に移動しているよ
キーワード 砂のせん断、コラプス現象、CCD カメラ

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科八嶋研究室 TEL 058-293-2422

うに見えるが、CCD カメラが映し出している部分が小さいためこのように見える。次にせん断帯が発生し始める(図 3-b)。せん断帯は、砂粒子の塊が引き離れるといった感じで発生する。せん断帯が確認できた後は、摩擦によって数個の砂粒子で構成された塊が回転しながら移動していくことがよくわかる(図 3-c、図 3-d)。この状態で、せん断帯付近の砂粒子は一個一個の単位で移動するのではなく、数個から十数個で構成された塊で動いていることがわかる。この実験では、一定体積下のせん断ではないため、CCD カメラ方向に砂供試体に変形し、押し出されるといった問題も発生した。

(2) 一定応力下の砂に水が浸透してきた場面について (図 4 : Case3 の場合)

3 つの試験について、それぞれ表 1 のように载荷条件が違うため、水の浸透する状況が異なったりはしているが、図 4 のように、どの試験についても同じように浸水ポイントの方向から水が徐々に浸水してくることがわかる。そして全体的に浸水した後に圧力がかかっている砂が体積圧縮することが確認できる。

5. まとめ

- (1) せん断帯が発生するときのせん断帯付近の挙動については、せん断直前に全体的に歪み、そしてせん断破壊するときには、せん断面から数個、あるいは十数個の粒子の塊が剥がれ、回転移動する。
- (2) 一定応力下における砂粒子に水が浸透すると、間隙が減り体積が減少する。ゆる詰め粒状体は不飽和の状態に砂粒子間の何らかの抵抗により構造が保たれている。浸水により飽和状態に近づき、粒子に浮力が働いて見かけ上の粒子の重さが軽くなるため移動しやすくなり、ゆるい構造を保てなくなる。ここで外力が加わることから、体積が減少すると考えられる。しかし、体積圧縮の原因と考えられる浸水させたこと、外力をかけたことの両者がどれくらいの割合の影響があるかまではわかっていない。

6. 今後の課題

- (1) 本研究で行った試験は、可視化装置開発を主とした試験であるため、試料の含水比、水の注入速度、注入量、間隙水圧などのデータ収集を行っていない。破壊現象解明のため、これらのデータを収集できる試験装置を開発し、今後の数値解析に用いることができるように挙動を把握する必要がある。
- (2) コラプス現象について、外力の有無による体積変化の差を観測する。
- (3) せん断層の形成過程可視化装置について、等体積せん断ができる装置を作成する。
- (4) 双方の試験について、観察倍率を上げることにより、より小さい土の粒子の挙動を把握できるようにする。

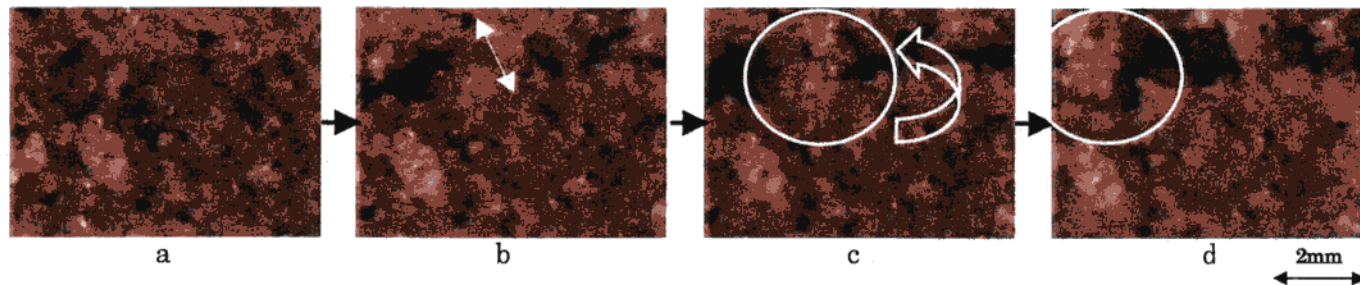


図 3.砂がせん断破壊する場合の観察結果

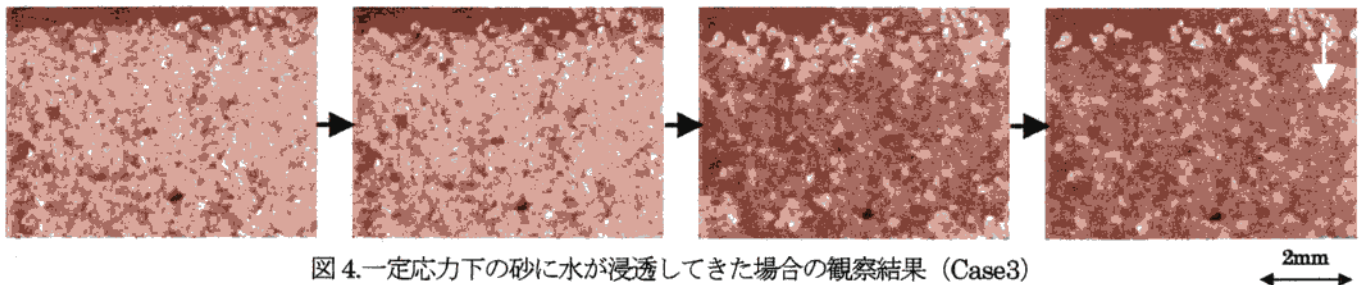


図 4.一定応力下の砂に水が浸透してきた場合の観察結果 (Case3)

参考文献

- (1) 八嶋厚、重松宏明、岡二三生、長屋淳一：上部大阪洪積粘土の力学特性と構造の変化 土木学会論文集 No.624 pp217～229 (1999.6)