

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 鈴木琢也
正会員 沢田和秀 八嶋 厚

はじめに

地盤材料の挙動、特に破壊時近傍のふるまいを微視的に把握することは、工学的に非常に重要であり、物理的にも興味深い。地盤材料の挙動を予測するために用いられる数値解析は、その挙動を巨視的によく表すことが可能となってきた。また、これらをより精度よく予測するために、数値解析に用いる構成則も非常に工夫され、応力～ひずみ関係だけでなく、ダイレイタンス、圧密特性なども表現されている。しかしながら、このような現状の下でも、たとえば地盤材料が破壊するときには発生するせん断帯付近の土粒子の挙動や、あるいは体積変化が起こっているときの土粒子の移動が、巨視的な土粒子塊（供試体）の挙動にどのような影響を与えているかは知られていない。そこで、本研究では試行的ではあるが、CCD カメラを用いて豊浦標準砂の粒子の微視的な動きを観察した。

砂粒子の観察

砂粒子の微視的な挙動を観察するために、今回は 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高倍率でないため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、高倍率でないため小さい粒径の地盤材料を観察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。つまり、(1)砂がせん断破壊するときのせん断帯付近の砂粒子の挙動、(2)一定応力下の砂に水が浸透してきた場合の体積変化、を観察した。実験試料としては、豊浦標準砂を用いた。

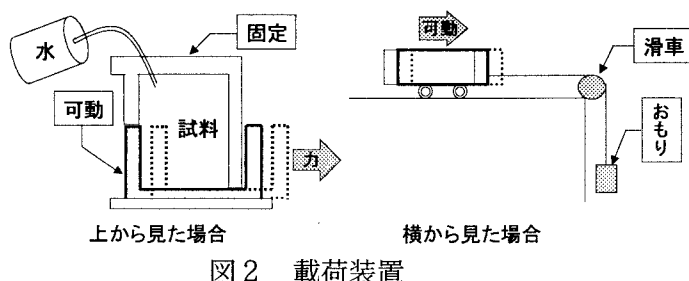
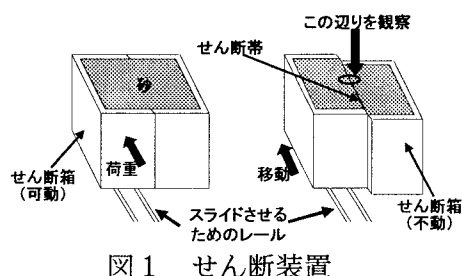
CCD カメラの仕様

CCD カメラは、①インテル社製（倍率は 60 倍）と②PLUS 社製（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。観察したい画像は、CCD カメラを通しモニターに直接映し出すことができる。

観察の方法

（１）砂がせん断破壊する場合

図 1 のようなアクリル板で作成した装置を用い、砂供試体に強制的にせん断帯を発生させ、その付近の状況を CCD カメラで観察した。この実験では、せん断帯付近の砂粒子がどのように回転するかを見ることに重点を置いた。

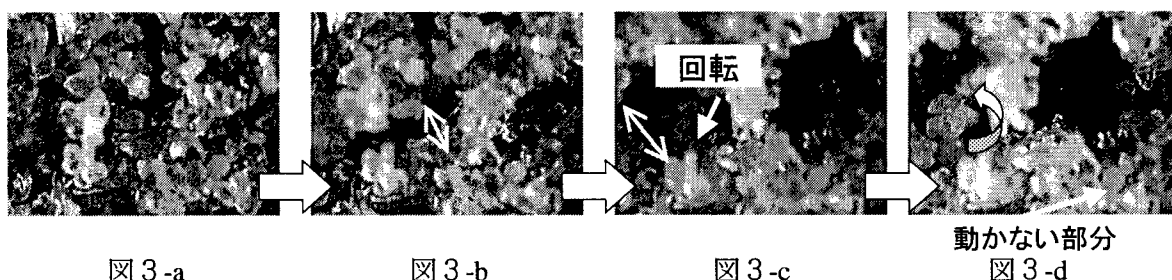


(2) 一定応力下の砂に水が浸透してきた場合

一般的にコラップス現象と呼ばれる変形挙動を観察することに重点を置いた。図2のように、アクリル板で作成した装置を用い、おもりによって砂供試体に一定応力をあたえ、スポイトにて水を浸透させた。吸水によって砂供試体の体積変化が起こるかを見ることに重点を置いた。

観察結果

- (1) せん断帯付近の砂粒子の回転が観察できた。まず、全体的に圧縮が起こる(図3-a)。動画を見ると全体が移動しているように見えるが、CCD 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。せん断帯は、砂粒子のかたまりが引き離されるといった感じで発生する(図3-b→図3-c)。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かたまり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)。この状態では、せん断帯に非常に近い部分以遠にはほとんど動きはないように見える(図3-c, 図3-d)。せん断帯付近の砂粒子は、一粒一粒の単位で移動するのではなく、数個から数十個で構成されたかたまりで動いていると思われる。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て、押し出されるような問題が発生した。
- (2) 供試体におもりを用いて一定の力を加える。その状態で、図2のように、供試体の力のかかってない部分、つまりコラップス現象の起こると考えられない部分から、スポイトでゆっくりと水道水を浸透させた。砂質材料ではコラップスはほとんど生じないが、ここで用いた試料には若干の水分が含まれ、粒子間に微小なサクシオンが存在しゆるい構造を形成している。水は、供試体の下の方から徐々に表面の方に浸透していく。浸透の途中から段階的に体積が小さくなるような挙動を見せた。水が浸透してくると、水に浸された砂の粒々は各々徐々に移動しているように見える。この1つ1つの粒々の動きを総合すると、先に述べた全体的に体積が変化するという挙動につながると考えられる。



まとめ

今回は、砂供試体の2種類の実験を通して、せん断帯付近の砂粒子の挙動や、水が浸透していくときの砂供試体の挙動を細かく観察できた。

今後は、等体積下でのせん断や、さらに粒子の小さいシルト系の土の変形挙動を観察して、巨視的に支配されている数値解析に用いられる挙動を把握したい。特に沢田(2001)、沢田ら(2001)は、土粒子の回転を考慮できるコセラ連続体力学を用いた数値解析を行っており、本アプローチで得られる微視的な粒子の動きは、今後の数値解析精度の向上に寄与できるものと思われる。

参考文献

- 沢田和秀：勾配依存型弾粘塑性モデルによる粘性土の変形解析に関する研究,京都大学学位論文(2001)
 沢田和秀,八嶋厚,岡二三生:コセラ連続体理論を用いた飽和粘性土の変形解析,材料,50-6,pp.585-592. (2001)