

レーザー変位計による非接触計測

農業システム工学分野

2012年1月23日

1 目的

CCD レーザ変位計による物体の非接触計測を行う。計測対象は、粒体（アルミナボール、ガラスビーズ、豊浦標準砂）を連続的に落下させて得られる円錐状の堆積体とし、この堆積体の斜面（母線）と水平面がなす角度（安息角）を求める。

2 背景

粉粒体（ふんりゅうたい、粉体（ふんたい）とも）は、粉、粒などの集まったもの（集合体）。この集合体は、粉（粒）の間の空間（空隙）を占める媒質も含めて一つの集合体と考える。個々の粉、粒、一つ一つは固体であるが、集合体としては流体（液体）のように振舞う場合がある。粉は粒より小さく、粒は肉眼でその姿形を識別できる程度の大きさのものを言う。一方で、微粒子、微粉末という言い方も存在する。大雑把な区分をすれば 10^{-2} m から 10^{-4} m (数 mm ~ 0.1mm) を粒体とし、 10^{-4} m から 10^{-9} m (原子の大きさの数倍まで) を狭義の粉体とする [1]。

砂時計で見られるように、粉粒体を静かに落下させると円錐状に堆積する。この円錐の母線が水平面となす角を安息角という。安息角は粉粒体の特性の一つで、流動性を評価するための指標である。安息角は粒径、含水比、粒子形状により異なる値を示し、粒径が大きい、含水比が低い、真球度が高い（粒子形状が丸みを帯びている）ほど安息角は小さくなり、粉粒体の流動性が高くなる。ホッパーの設計時に重要な因子となり、ホッパー底部の傾斜は対象となる粉粒体の安息角より大きくしないと完全に排出することができない。

3 計測方法

計測はレーザー変位計を搭載した車両を用いて行う。車両進行方向を x 軸、レーザー変位計の移動方向を y 軸とする。車両はステッピングモータにより駆動され、x 軸方向に既定の距離だけ移動するように設定されている。レーザー変位計は手動でスライドさせる。車両の変位（x 軸方向）、レーザー変位計の変位（y 軸方向）はそれぞれ緑測器製の接触型直線変位センサ（リニアポテンシオメー

タ) LP-300F, LP-200F を使用し, 入力電圧は 5V とする. 供試材料は, アルミナボール (粒径 : 3mm), ガラスビーズ (粒径 : 1mm), 豊浦標準砂 (粒径 : 0.1-0.3mm) の 3 種類を使用する. それぞれの供試材料について以下の手順で計測を行う.

1. 供試材料を図 1 のホッパーに充填し, ホッパー底部のシャッターを開いて図 2 の受け皿に自由落下させる.
2. 図 3 の計測装置を堆積物の上部にセットし, 原点となる位置で計測する.
3. レーザスポットが堆積物の y 軸方向の端点に来るようにレーザ距離計をセットする.
4. 車両を移動させ計測する.
5. レーザ距離計を約 10mm 移動させる.
6. 4, 5 をレーザスポットが y 軸方向のもう一方の端点を計測するまで繰り返す.



図 1 実験装置 (正面図)

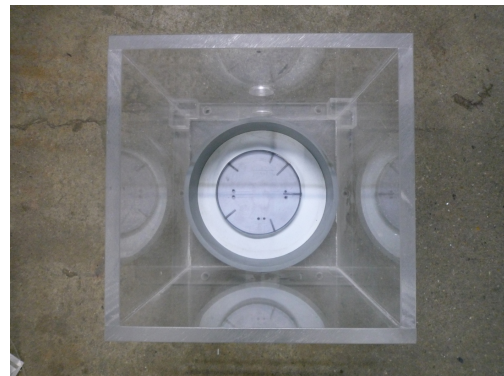


図 2 ホッパを除く実験装置 (平面図)

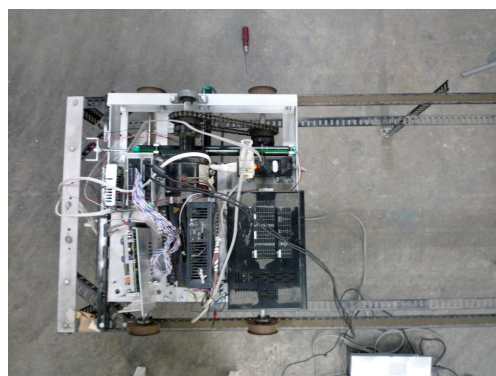


図 3 計測装置

4 データ整理

計測したデータは csv ファイルとして複数のファイルに保存されているので、Excel で開き供試材料ごとに連結する。保存されているデータはそれぞれ 1ch : x 軸変位, 2ch : y 軸変位, 3ch : z 軸変位 (レーザ変位計の出力) の電圧データである。堆積物の外側に原点を設定し、原点からの変位を求める。図 4, 図 5 はそれぞれ LP-300F (x 軸方向), LP-200F (y 軸方向) の変位と入出力電圧比の関係である。また図 6 はレーザ変位計の変位と出力電圧の関係である。図 4 から x 軸方向の変位は 1V あたり 60mm, 図 5 から y 軸方向の変位は 1V あたり 40mm である。また図 6 から z 軸方向の変位は 350mm を基準として 1V あたり 10mm である。原点の電圧を V_{0x}, V_{0y}, V_{0z} とすると、任意の計測点の変位 x_i, y_i, z_i は以下の式により求まる。ここで、 V_{ix}, V_{iy}, V_{iz} は任意の計測点での出力電圧値である。

$$x_i = -60(V_{ix} - V_{0x}) \quad (1)$$

$$y_i = 40(V_{iy} - V_{0y}) \quad (2)$$

$$z_i = -10(V_{iz} - V_{0z}) \quad (3)$$

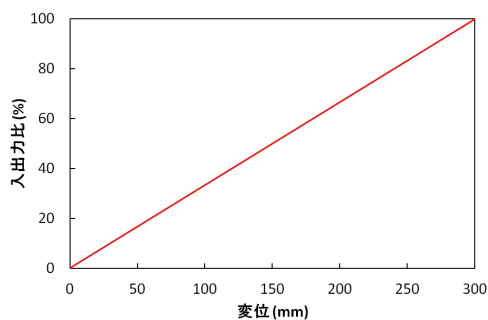


図 4 LP-300F の変位と入出力電圧比

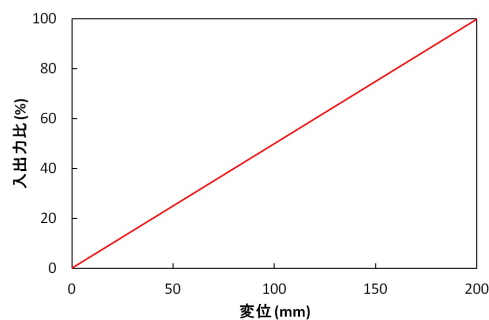


図 5 LP-200F の変位と入出力電圧比

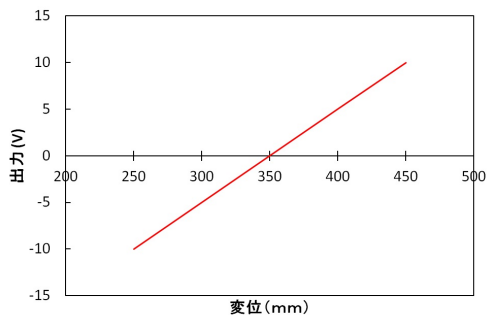


図 6 LK-500 の変位と出力電圧

5 レポート

1. 供試材料ごとに計測データの 3D グラフを描き，それぞれの材料の安息角を求めよ．
2. CCD レーザ変位計について調べ，測定原理を述べよ．
3. 農用車両の走行や作業では土壌のせん断破壊を伴う．せん断力は土壌の粘着力，垂直荷重，土壌の内部摩擦角により求まる．この内部摩擦角と安息角の関係について考察せよ．

参考文献

[1] <http://ja.wikipedia.org/wiki/粉粒体>