and (b) the Mixture with Ball Bearings

Fig. 11 Size-segregation Patterns for Different Initial Mixing Ratios

Fig. 12 Size-segregation Patterns for Different Feed Rates

Fig. 13 Size-segregation Patterns for Different Flow Lengths

Fig. 14 Shape-segregation Patterns for Different M_i , F and L 's

Fig. 15 Density-segregation Patterns for Different M_i and F 's

Fig. 16 Variation of Penetration Rate With Initial Mixing Ratio and Feed Rate for Shape Segregation

Fig. 17 Relationship Between Void Fraction of Flowing Layer and Feed Rate for Shape Segregation

Fig. 18 Comparison of Data With Calculated Values of Penetration Rate for Density Segregation

Table 1 Physical Properties of Particles Used

研究速報

側壁の回転による湿潤粉体の崩壊現象*

Collapse of the Wetted Powder Solids by the Rotation of the Side-wall

山城光雄**
Mitsuo YAMASHIRO

湯浅泰伸**
Yasunobu YUASA

1. 緒言

粉体層の崩壊現象は、豪雨による土砂崩れ、なだれのような自然災害等によく見られ、これらの挙動を説明する場合、主に土木工学の分野での研究が重要となっている。

図1 2次元崩壊モデル装置

る。

著者らは、これまで粒径の異なる同種および異種の乾燥粉体¹⁾、それらの混合粉体²⁾を二次元崩壊装置に充てんして平行層を作り、側壁を回転して得られる崩壊状態を撮影し、粉体の種類や回転角による各因子への影響について比較検討した。

本報では、前報^{1,2)}に引き続き、乾燥粉体に水を添加した湿潤粉体³⁾を用いて、交互に充てんした平行層を作り、含水率と回転角による崩壊状態の各因子への影響を調べた結果を述べる。

2. 実験装置および試料

前報^{1,2)}で用いた装置(図1)を使用し、試料および粒径とそれらに水を添加した湿潤粉体の含水率を異にして組合せた4実験とを、それぞれ表1と表2に示す。含水率は霧吹きで加えた水の重量を水と試料を加えた重量で割った値を百分率で表わしたものである。

3. 実験方法

表2に示した各組合せの湿潤粉体を交互に高さ30 mmごとに充てんし、計6層の平行層を作り、側壁の回転角を20, 45, 70, 90(°)とし、ソレノイド

昭和56年9月21日受付

*粉体工学会昭和56年度春期研究発表会にて発表(1981. 5 大阪)

**足利工業大学経営工学科(〒326 足利市大前町268)

TEL 0284-62-0605

Table 1 試 料

Samples	Particle diameter d (mm)
Carborundum	0.505
Glass beads	$\phi 1.015$

図2 記号の説明

を用いてゴムにより瞬時に側壁を回転することにより崩壊させた。初期充てん状態と崩壊完了後の状態をそれぞれ写真撮影を行ない、表3に示す各量（それらの図式化は、図2に示す）をそれぞれ測定した。

4. 実験結果および考察

図3(a)～(e)と図4(a)～(e)に代表例として、

図3 実験No.1の初期充てん状態(a)と崩壊状態(b)～(e)

No.1とNo.3の実験における初期充てんと崩壊完了後の状態を撮影した写真を示す。これらの写真から、含水率が零の場合(No.1)とNo.3のような含水率をもつ場合の各回転角における崩壊状態を比較すると、後者の場合各層間の流動面になめらかさがなく、特に第1層の表面では粒子間の水分による付着のため凹凸ができていることがわかる。また、これらの写真より、 A_i , α_i , $B_{i max}$

Table 2 含水率(%)とその組合せ

Experimental number	Rotating angle($^\circ$)	20	45	70	90
	sample				
1	odd-numbered layer; Carborundum 0.505 mm	0	0	0	0
	even-numbered layer; Glass beads $\phi 1.015$ mm	0	0	0	0
2	odd-numbered layer; Carborundum 0.505 mm	1.23	1.17	1.30	1.22
	even-numbered layer; Glass beads $\phi 1.015$ mm	0.67	0.50	0.62	0.68
3	odd-numbered layer; Carborundum 0.505 mm	2.26	2.36	2.26	2.86
	even-numbered layer; Glass beads $\phi 1.015$ mm	1.18	1.34	1.33	1.42
4	odd-numbered layer; Carborundum 0.505 mm	5.03	4.81	4.54	5.16
	even-numbered layer; Glass beads $\phi 1.015$ mm	2.49	2.94	2.82	3.24

Table 3 記 号

θ	Rotating angle of the brass plate, (deg.)
α_i	Inclined angle of the upper border of the i th layer to the horizontal surface, (deg.) ($i=1, \dots, 6$)
A_i	Distance between the lowest end of the movable side-wall and the point at which the particles in the i th collapsed layer have been attained to the most remote position on the side-wall, (mm)
$B_{i\max}$	The largest width of the i th collapsed layer, (mm)
$B_{i\min}$	The smallest width of the i th collapsed layer, (mm)
h	Height of powder bed from the bottom, (mm)
S_i	Original area of the i th layer, (cm ²)
S_i'	Area after collapsion of the i th layer, (cm ²)
r_i	$r_i = \frac{S_i' - S_i}{S_i}$

および $B_{i\min}$, r_i ($i=1, 2, \dots, 6$) を測定し, θ との関係を図 5 (a)~(d) に示し, (i)~(iv) で比較検討する。

(i) A_i と θ との関係 (図 5 (a))

乾燥粉体 (No. 1), 湿潤粉体 (No. 3) とともに, A_i は $\theta=45^\circ$ のとき最小値をとる下に凸の曲線となる。 A_i の大きさは第 1 層, 第 2 層……の順になっており, 乾燥粉体の場合, $\theta=45^\circ$ 以上で第 1 層だけが特に A_i の変化が大きい。これは第 1 層の場合, 第 2 層以下と異なり層上方が開放されており, 粒子相互のすべりがよく流動しやすいのに対して, 湿潤粉体の場合は水分による付着のために粒子表面が水膜を形成し, 粒子同士が固結し流動性が悪くなることに起因する。

(ii) α_i と θ との関係 (図 5 (b))

θ が大きくなるにつれて α_i も大となり, その関係はほぼ直線関係がみられる。 θ を固定して, 乾燥粉体と湿潤粉体を比較すると, 後者の方が大きくなっている。これは, 吸湿した粉体粒子が凝集し (水分が多いほど顕著になる), 乾燥粉体にみられるように円滑に崩壊しないことを表わす。各粉体について層間の比較は可能であるが, 傾向は把握できない。

(iii) $B_{i\max}$ または $B_{i\min}$ と θ との関係 (図 5 (c))

乾燥粉体・湿潤粉体ともに θ が大きくなるにつれて

図 4 実験 No. 3 の初期充てん状態(a)と崩壊状態(b)~(e)

$B_{i\max}$ と $B_{i\min}$ は減少し, いくつかの層では直線関係となっている。これは, 側壁の回転により崩壊した粒子は重量と慣性により下方へ移動蓄積されるため, 上方ほど崩壊開始後の時間が少ないため $B_{i\max}$, $B_{i\min}$ 共に小さくなる。

(iv) r_i と θ との関係 (図 5 (d))

乾燥粉体の場合, θ が大きくなるにつれて r_i のバラツキが大きくなるが, 湿潤粉体の場合はどの θ でもバラツキが大きい。これは, 回転による崩壊の際に, 各層間での境界が, 上層と下層との粒子の混合および湿潤粉体の場合は水分による粒子同士の固結のため, 不規則となり面積の測定時における誤差などにより生じたものである。 r_i は, $-1 \leq r_i \leq 1$ であり, 各粉体とも層間の傾向は明確に示されない。

No. 2 と No. 4 の実験についても同様な測定を行ない, 各因子間との関係について調べ, すべての実験結果を総括して表 4 に示す。表 4 より, θ が変化することによる各因子への影響はある程度把握することができた。また, 含水率による崩壊状態の違いが写真より明らかにされたが, 表 4 から (No. 2~No. 4) 各因子および層間への影響は適確に把握することはできなかった。

謝辞

本研究において, 適切な御助言を戴いた川北技研会長川北公夫博士を始め, 実験に協力された足利工業大学経営工学科昭和55年度卒研究生梅沢信雄君, 岡田行男君に謝意を表する。

(a) A_t vs. θ

(b) α_t vs. θ

(c) B_{tmax} or B_{tmin} vs. θ

(d) r_t vs. θ

図5 実験1の各記号との間の関係

Table 4 実験の総括表

Compared factors Experiment number	A_i vs. θ ($i=1, 2, \dots, 6$)		α_i vs. θ ($i=1, 2, \dots, 6$)		$B_{i\max}$ or $B_{i\min}$ vs. θ ($i=1, 2, \dots, 5$)		r_i vs. θ ($i=1, 2, \dots, 6$)	
	Feature in A_i	Comparison with each layer	Comparison with each sample	Feature in gradient of each layer	Comparison with each sample	Gradient size of gradient	Comparison with the dispersion by θ at $r_i=0$	Comparison with each sample
1	$\triangle$ minimum value at $\theta=45^\circ$ and convex curve downward	$A_i > A_j$ $i < j$ Gradient of A_1 is largest at $\theta \geq 45^\circ$	Comparison with each sample	Gradient	Comparison with each sample	Gradient size of gradient	Comparison with the dispersion by θ at $r_i=0$	Comparison with each sample
2	$\triangle$ Ibid.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Different with the layer	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Different with the layer	Dispersion of r_i is larger expect for $\theta=20^\circ$	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.
3	$\triangle$ Ibid.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Ibid.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.
4	$\triangle$ Ibid. except for A_5 and A_6	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.	Ibid.	Ibid.	Comparison between samples is possible, but the effect of the percentage of moisture content is not decided.

[Notation]

- Linear relation between variables (increase).
- Linear relation between variables (decrease).
- △ Non-linear relation between variables.

引用文献

- 1) 湯浅泰伸, 山城光雄: 粉体工学会秋期研究発表会, 98(1979)
- 2) Yuasa, Y.. and M. Yamashiro: Proc. of the 24 th Japan Congress on Materials Research, 229 (1981)
- 3) 三輪茂雄: 粉粒体工学, 朝倉書店, 350 (1972)

Author's Abstract

Collapse of the Wetted Powder Solids by the Rotation of the Side-wall

by

Mitsuo YAMASHIRO and Yasunobu YUASA

(Ashikaga Institute of Technology, Department of Planning Technology)

The collapse phenomena of a powder solids layer are observed frequently in natural disasters such as washouts and snowslides. It is important to make these behaviors clear.

In this study, two kinds of dried powder solids (carborundam (particle diameter $d: 0.505$ mm) in the odd numbered layers and glass beads ($d: \phi 1.015$ mm) in the even numbered layers) are packed as parallel layers and the collapsed states obtained by rotating the side-wall are photographed. Furthermore, three kinds of powder solids with water added having different moisture contents are used in the experiment. The effect of the moisture content and the rotating angle on the collapsed state is investigated. Table 4 shows the main results.

List of Figures and Tables

Fig.1 Two Dimensional Model Apparatus for Collapse

Fig.2 Illustration of Notation

Fig.3 Initial Packing State (a) and Collapsed States (b)~(e) at $\theta=20^\circ, 45^\circ, 70^\circ$ and 90° in the Experiment of No. 1

Fig.4 Initial Packing State (a) and Collapsed States (b)~(e) at $\theta=20^\circ, 45^\circ, 70^\circ$ and 90° in

the Experiment of No.3

Fig.5 Relation between Each Notation in the Experiment No.1

Table 1 Sample

Table 2 Percentage of Moisture Content (%) and Its Combination

Table 3 Notation

Table 4 Total Experimental Results

<新刊紹介>

工場換気／林太郎編／社団法人空気調和・衛生工学会／S.57・5・15発行／B5版, 203頁／4000円

粉体を扱う工場あるいは実験室では浮遊粉じんによる作業環境の汚染がしばしば問題になる。本書はそのような作業環境の改善技術としての換気手法について、基礎理論から実際の設計に至るまでを、流れの可視化写真、図解を豊富に用いて平易に解説している。なかでも近年注目を集めているプッシュプル型局所換気法、すなわちプッシュ（吹出し）流れとプル（吸込み）流れの二つの異なった流れの特性を巧みに利用し組合わせた換気法、

に関する解説は、これからの工場換気の合理的、効率的な設計の指針を与えるものとして興味深い。

目次は次のとおりである。1章：工場換気とは、2章：工場換気に関する基礎知識、3章：作業環境管理のための工学的基礎知識、4章：工場換気の方法、5章：空気の調和、6章：保守管理と点検・評価および関連法規、7章：工場換気装置の設計。

(向阪)