粉体嵩密度の最適な X 線撮影条件

牧 野 和 孝*, 倉 光 鋼 太 郎*
山 田 昌 治*, 日 高 重 助**

Optimum Radiographing Conditions Related to Powder Bulk Density

by

Kazutaka MAKINO[†], Kohtaro KURAMITSU[†]
Masaharu YAMADA[†] and Jusuke HIDAKA^{††}

It is important to measure the powder bulk density distribution formed in particulate processes, from the point of view of the design method based on powder properties. However, measurements have not yet been sufficiently developed. In this paper, the radiograph method, by which the powder bulk density distribution in a cell can be considered to be measured qualitatively and quantitatively¹⁾, was noticed. The initial powder bulk density distributions in a cell were systematically radiographed for five kinds of industrial powders, and the clearness of each X-ray picture was discussed. The result was that the optimum region of the radiographing conditions (X-ray pipe voltage and X-ray radiating time) was pointed out to exist for each powder.

1. 緒 言

近年注目を集めている、ファインセラミックスとか粉末冶金などにおける粉体成形体の力学的安全性、あるいは輸送、貯槽における閉塞問題等を基礎的に検討する場合、各対象粉体の嵩密度を定性的ならびに定量的に知ることが重要である。しかしながら、従来粉体嵩密度の測定法は必ずしも十分確立されているとはいえない。

そこで、本報ではこの点に注目し、粉体嵩密度の定性的ならびに定量的な測定²⁾が可能な X 線撮影を取り上げた。そして種々の工業粉体を容器に充填し、その初期充填時の粉体嵩密度分布を X 線撮影し、撮影条件の撮影結果に及ぼす影響を検討した。その結果粉体嵩密度が最も鮮明に得られる最適な撮影条件が存在する

ことを示した。

2. X 線撮影システムとテスト試料の作成

本報で用いた X 線撮影システムは Fig. 1 に示すごとく工業用 X 線発生装置(理学電機 100GS-B)、テストセル(透明アクリル 180×100×30)、工業用 X 線フィルム(富士 IX-100, 254×305)および X 線シールド用鉛ボックスとからなっている。

つぎにテストセルへの供試粉体の充填は Fig. 2 のごとくセル底面から高さ 300mm の位置にあるガラス製ロート(出口径 5mm)により、テストセル中央部に連続的に重力落下させて行った。

Fig. 1 Conceptual diagram of radiograph system

昭和 60 年 5 月 28 日受付

* 秋田大学鉱山学部資源化学工学科

(〒010 秋田市手形学園町 1-1) TEL 0188-33-5261

** 同志社大学工学部化学工学科

(〒602 京都市上京区今出川通烏丸東入る)

† Dept. of Chem. Eng. for Resources, Mining College,
Akita University, Akita 010

†† Dept. of Chem. Eng., Doshisha University, Kyoto 602

Fig. 2 Powder packing method into a test cell

Table 1 Properties of test powder

Properties Powder	Mean diameter [μm]	Density [g/cm^3]
Akita sand	230	2.67
Alumina (grey)	96.3	3.06
Alumina (white)	100	3.08
Coal	210~1000	1.37
Teflon	650	2.27

また、Table 1には本報における供試粉体とその特性を示してある。

3. 撮影手順

以上のごとく作成されたテストセル内の初期充填に対して、その嵩密度分布を以下のような手順によってX線撮影した。

i) 供試粉体を充填したテストセルをシールドボックス内のX線発生源から600mm離れた位置に設置する。

なお、テストセル背面にはあらかじめX線フィルムを付設しておく。

ii) X線発生装置を所定の管電圧およびX線照射時間にセットし撮影する。撮影後、X線フィルムを取り出しX線写真を現像焼付する。

ただし、X線フィルムの現像、停止および定着時間はそれぞれ、富士X線フィルム用現像液(RENDOL)に4分、富士酢酸5%液に3分、そして富士X線用定着液(RENFIX)に10分一定とした。

以上の操作を供試粉体5種類、管電圧20~70kVお

よびX線照射時間2~3分を系統的に変えて繰り返す。

4. 撮影結果および考察

Fig. 3(a)~(g)には珪砂に対して、X線照射時間が2分で、管電圧のみを35kVから70kVまで変化した場合の一連の撮影結果を示してある。

これによれば管電圧が55kV~60kVあたりで粉体嵩密度分布が最も鮮明となっていることがわかる。

すなわち、セル中央部に一本の黒い柱とそれを対称軸とする山形層状の濃淡分布が明瞭に観測される。既報¹⁾によれば、これらの濃淡分布は適当な嵩密度定量用セルを併設すれば、それぞれの濃淡分布に対応した嵩密度分布に定量的に換算される。なお、Fig. 3中の黒い部分が高嵩密度を、白い部分が低嵩密度を意味している。

次に、X線照射時間を3分にした場合の撮影結果を、Fig. 4(a)~(f)に示してある。これより最適管電圧が55kV付近に存在することがわかる。

Fig. 5にはFigs. 3および4の結果を鮮明なもの(○印)、鮮明さがやや低下しているもの(△印)、およ

1

V=35kV T=2min

Fig. 3 (a) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1

(Akita sand X-ray radiating time T=2min)

2

$V = 40 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig. 3 (b) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2 \text{ min}$)

3

$V = 45 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig. 3 (c) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2 \text{ min}$)

4

$V = 50 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig. 3 (d) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2 \text{ min}$)

5

$V = 55 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig. 3 (e) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2 \text{ min}$)

$V=60\text{ kV}$ $T=2\text{ min}$

Fig. 3 (f) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2\text{ min}$)

$V=70\text{ kV}$ $T=2\text{ min}$

Fig. 3 (g) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2\text{ min}$)

$V=65\text{ kV}$ $T=2\text{ min}$

Fig. 3 (h) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=2\text{ min}$)

$V=40\text{ kV}$ $T=3\text{ min}$

Fig. 4 (a) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3\text{ min}$)

$V=45\text{ kV}$ $T=3\text{ min}$

Fig. 4 (b) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3\text{ min}$)

$V=55\text{ kV}$ $T=3\text{ min}$

Fig. 4 (d) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3\text{ min}$)

$V=50\text{ kV}$ $T=3\text{ min}$

Fig. 4 (c) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3\text{ min}$)

$V=60\text{ kV}$ $T=3\text{ min}$

Fig. 4 (e) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3\text{ min}$)

$V = 65 \text{ kV}$ $T = 3 \text{ min}$

Fig 4 (f) X-ray picture obtained by the radiograph system in Fig. 1
(Akita sand X-ray radiating time $T=3 \text{ min}$)

Fig. 5 Optimum region of radiographing conditions
(Akita sand)

び不鮮明なものに(×印)に分類し、管電圧 V を縦軸にX線照射時間 T を横軸にとって各撮影条件の位置に写真番号を付して示してある。ただし、番号を付していないものは**Figs. 3**および**4**以外の撮影結果を意味している。以上より粉体嵩密度分布のX線撮影においては最適な管電圧 V とX線照射時間 T の組合せが(図中斜線部分)存在することがわかる。

Figs. 6から**9**にはそれぞれ、テフロン、アルミナ(ホワイト)、アルミナ(グレイ)および石炭の最も鮮明

$V = 30 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig 6 Optimum X-ray picture (Teflon)

$V = 50 \text{ kV}$ $T = 2 \text{ min}$

Fig 7 Optimum X-ray picture (Alumina (White))

$V = 42.5 \text{ kV}$ $T = 3 \text{ min}$

Fig. 8 Optimum X-ray picture (Alumina (Grey))

な撮影結果をその撮影条件とともに示してある。

これらによれば、中央部の黒い柱もまたその周辺の山形層状の濃淡分布も、ともに充填粉体の種類によりかなり相違していることがわかる。前者については、テフロンは両側が不規則形状の柱であり、アルミナ(ホワイト)、アルミナ(グレイ)はともに黒い斑点が飛び飛びにつらなつたものとなっている。これに対して、石炭の場合は秋田砂と非常に類似している。一方、後者については、テフロン、アルミナ(ホワイト)は明瞭な山形層状分布が見られるが、アルミナ(グレイ)、石炭では必ずしも明瞭に観測されない。これらの相違は、粉体、充填セルの材質、形状およびこれらの相互作用等に依存するものと考えられる。しかしながら、前述のごとく、本報では与えられた条件下で結果として得られた嵩密度分布の最適なX線撮影条件が存在するかどうかを検討することを主目的とするので、嵩密度分布の形成メカニズムについては触れない。また **Figs. 10** から **11** にアルミナ(グレイ)および石炭のそれぞれ最適領域を示してある。

これらのことはセル厚さを変えてもいえるが、最適領域の定量的な位置はセル厚さに依存するものと考えられる。

$V = 32.5 \text{ kV}$ $T = 3 \text{ min}$

Fig. 9 Optimum X-ray picture (Coal)

Fig. 10 Optimum region of radiographing conditions (Alumina (Grey))

Fig. 11 Optimum region of radiographing conditions (Coal)

5. 結 言

以上、本報では粉体層内に形成される高密度分布をX線撮影するさい、撮影条件の撮影結果に及ぼす影響

を実験的に検討した。

その結果、本報で用いた5種類の供試粉体に対しては、撮影結果が最も鮮明になる撮影条件（管電圧とX線照射時間）が存在することを明らかにした。

Nomenclature

T : X-ray radiographing time

[min]

V : X-ray pipe voltage

[kV]

References

- 1) Makino, K., A. Higashiyama, M. Yamada and K. Kuramitsu; *J. of the Soc. of Powder Technology, Japan*, **22**, 526 (1985)

★ 四分法の原稿を募集中!!

会誌がお手もとに届くと、まず「四分法」という方が多いようです
この人気ある四分法に気軽にご投稿されませんか……………
長さは575字以内で内容はできるかぎり粉に関連したものが
望ましいのですが、限定はいたしません。ご投稿を心よりお待ちしております。