X線透視撮影法およびアコースティック・エミッションによる粉粒体非接触計測の実例について

Examples of Indirect Particulate Measurement by X-ray Radiograph and Acoustic Emission

牧 野 和 孝*
Kazutaka MAKINO

山 田 昌 治*
Masaharu YAMADA

倉 光 鋼太郎*
Kohtaro KURAMITSU

日 高 重 助**
Jusuke HIDAKA

河 原 正 佳*
Masayoshi KAWAHARA

図1. はじめに

化学工学の特徴の1つは、対象物質の物性値の合理的な把握の上に種々の化学工業プロセスの設計法が組み立てられている点にある。たとえば、蒸留塔とか吸収塔の設計は平衡曲線（物性値）と操作線（装置に対する物質収支式）との、熱交換器のそれは伝熱係数推算法（物性値）と装置に対する熱収支式との合理的な組み合わせによって成り立っている。これに対して、粉粒体プロセスの設計法の多くは未だ経験的であるといわざるを得ない。たとえば、最も進歩しているものの1つと考えられる粉粒体貯槽装置の設計は、Jenikeの粉体崩壊曲線（Powder Yield Locus）（粉粒体物性値）と装置に対する応力収支式との組み合わせからホッパー傾斜角と排出口径を決定することでなされているが、これは主として粉粒体の静的な物性値のみに基づいている。したがって、この設計法は実際の粉粒体貯槽装置の動圧などに起因する多くの装置破壊事故例をあらかじめ考慮し得ない、という限界を有している。すなわち、現実には大胆な安全係数を導入している、事実上経験的といわざるを得ない。以上は粉粒体プロセスの代表的な設計の1例として挙げたものであるが、これから分かるごとく粉粒体プロセス内の粉粒体の挙動は未だ十分解明されているとはいえない。このため、粉粒体プロセスの設計の基礎となるべき特性値とは何かが、多くの粉粒体工学研究者にとって緊急な課題となっている所である。したがって、粉粒体プロセスの化学工学的設計法の確立に対し

て最も重要な課題として、粉粒体の挙動の正しいモデル化とその計測法の開発を挙げることができる。

一般に、粉粒体の計測には接触型計測と非接触型計測とが考えられる。このうち後者は、粉粒体の挙動を原理的に何ら乱すことなく計測することができる大きな特徴を有している。特に前述したごとく、粉粒体の挙動が十分解明されていない現状では、非接触型計測の粉粒体工学における役割は極めて重要なものと考えることができる。そこで本報では、粉粒体工学における非接触型計測に着目し、特に、粉粒体層内に形成される嵩密度分布のX線撮影と粉粒体層からのアコースティック・エミッション（以後AEと略す。）の2、3の興味ある測定結果について簡単に述べることにする。

2. 粉粒体層内に形成される嵩密度分布のX線透視撮影

粉粒体層へのプランジャーの貫入に伴って発生する嵩密度分布を、X線で写真撮影するために用いた装置の概要をFig.1に示す。装置は透明アクリル樹脂製の粉体容器（430×470×50）、プランジャー（25×48×500）と、それを一定速度で粉体層へ貫入させるための架台に固定されたジャッキ、そしてX線写真撮影装置とから成っている¹⁻³⁾。実験に用いた試料粉体は珪砂で平均径は470 μm、内部摩擦角は34.5°であった。まず、粉体容器に試料粉粒体をタッピングしながら均一に密充てんする（空間率は0.35であった。）。次に、プランジャーを実験架台に固定し、ジャッキにより所定の速度で粉粒体層へ貫入させる。始め均一に充てんされていた粉体層には、このプランジャーの貫入条件に対応して特有の嵩密度分布が形成される。そこでFig.1に示すようにX線の照射面とは反対側の粉体容器背面にX線フィルム（富士工

昭和58年11月21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鳥丸東入ル）
TEL 075-251-3847

業フィルム IX-100, 300×250) を取り付け, X線発生装置 (ERESCO-300, タングステンターゲット, 管電圧 140 KV, 管電流 5 mA) により X線を一定時間間歇パルス状に 240 秒間照射し, 嵩密度分布を撮影した。それらの代表的結果を Fig. 2 から Fig. 7 に示す。これらによれば, 単一ブランジャーまわりの周期的な疎充てん帯 (白い部分) (Fig. 2, 3), ブランジャー間の疎充てん帯の干渉模様 (Fig. 4), 壁面での疎充てん帯の反射 (Fig. 5), 単一スリットにおける疎充てん帯の回折 (Fig. 6) および 2 つのスリット間の干渉 (Fig. 7) な

どのように, 粉体層内部の嵩密度分布の種々の基本過程を X線撮影により測定できることがわかる。

Fig. 1 ブランジャー貫入実験ならびに X線撮影の概念図

Fig. 2 ブランジャーまわりに形成される周期的な疎充てん帯の X線撮影例

Fig. 3 ブランジャーまわりに形成される周期的な疎充てん帯の X線撮影例

Fig. 4 ブランジャー間に形成される疎充てん帯の規則的な干渉分布のX線撮影例

Fig. 5 疎充てん帯の壁面での反射現象のX線撮影例

Fig. 6 スリットでの疎充てん帯の回折類似現象のX線撮影結果

Fig. 7 二つのスリット間の疎充てん帯の干渉現象のX線撮影例

Fig. 8 アコースティック・エミッション測定システム

1) PRESSURE WAVE FORM OF ACOUSTIC EMISSION FROM POWDER

2) FREQUENCY SPECTRUM OF ACOUSTIC EMISSION

Fig. 9 ブランジャー貫入時での粉粒体層からのアコースティック・エミッションの代表例

3. 粉粒体層からの AE

§ 2 と同様のプランジャー貫入実験に対して Fig. 8 のごとき測定システムを考えれば, Fig. 9 のような粉粒体層からの AE が測定できる。特に, AE のスペクトル分布と § 2 の疎充てん帯の形成機構との間には密接な関

係がある。

4. おわりに

以上, 粉粒体層の非接触計測に関連して, X線透視撮影法と AE による 2 ~ 3 の実例について述べその有効性の一端を示した。

引 用 文 献

- 1) 牧野, 日高, 牧, 三輪, T. P. Meloy: 粉体および粉末冶金, 29, 229 (1982)
- 2) Makino K., M. Yamada, J. Hidaka and T. P. Meloy: *Powder Technology*, 36, 89 (1983)
- 3) 牧野, 山田, 東山, 倉光: 粉体および粉末冶金, 31, No. 4, 掲載予定 (1984)