

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6243640号  
(P6243640)

(45) 発行日 平成29年12月6日(2017.12.6)

(24) 登録日 平成29年11月17日(2017.11.17)

(51) Int.Cl.

GO 1 N 15/02 (2006.01)

F I

GO 1 N 15/02

C

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2013-137100 (P2013-137100)	(73) 特許権者	000206211 大成建設株式会社 東京都新宿区西新宿一丁目2 5 番 1 号
(22) 出願日	平成25年6月28日 (2013. 6. 28)	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2015-10952 (P2015-10952A)	(74) 代理人	100064414 弁理士 磯野 道造
(43) 公開日	平成27年1月19日 (2015. 1. 19)	(74) 代理人	100111545 弁理士 多田 悦夫
審査請求日	平成28年2月16日 (2016. 2. 16)	(74) 代理人	100129067 弁理士 町田 能章
		(73) 特許権者	594135151 一般財団法人ダム技術センター 東京都台東区池之端二丁目9番7号池之端 日殖ビル2階

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒度分布測定システム及び重量換算係数算出システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

材料を流下させる材料流下部と、  
流下する前記材料を撮影する撮影部と、  
撮影された前記材料の粒度分布を算出する算出部と、  
を備え、  
前記算出部は、  
撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積を算出する合計面積算出部と、  
前記撮影画像における粒径区分ごとの所定面積あたりの重量である重量換算係数が記憶される記憶部と、

前記材料の粒径区分ごとの前記合計面積と前記重量換算係数とに基づいて、粒度分布を算出する粒度分布算出部と、

を備え、

前記重量換算係数は、粒径区分ごとの重量が既知の材料を前記材料流下部によって流下させて前記撮影部によって撮影した撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積と、既知である前記材料の粒径区分ごとの前記重量と、に基づいて予め算出されたものであり、

前記材料流下部は、

傾斜板と、

前記傾斜板の下流側に配置されており、前記傾斜板の表面上を流下した前記材料を鉛直

方向に流下させる流下方向変換部と、  
を備え、

前記流下方向変換部は、一对の鉛直板を備えるとともに、前記一对の鉛直板のそれぞれにおいて、一方の前記鉛直板から他方の前記鉛直板に向かって形成される複数の突起を備え、

前記撮影部は、前記一对の鉛直板の間を流下した前記材料を、当該一对の鉛直板の下流側において撮影する

ことを特徴とする粒度分布測定システム。

【請求項 2】

前記流下方向変換部において、

一方の前記鉛直板は、前記傾斜板の前記表面の下端部の下方に設けられており、

他方の前記鉛直板は、一方の前記鉛直板と対向するように設けられており、

他方の前記鉛直板の上端部は、一方の前記鉛直板の上端部よりも上方に延設されていることを特徴とする請求項 1 に記載の粒度分布測定システム。

【請求項 3】

前記算出部は、流下する前記材料の所定時間当たりの重量である流下量を変更するように前記材料流下部を制御する材料流下部制御部を備え、

前記合計面積算出部は、前記撮影画像における前記材料の全ての合計面積を算出し、

前記材料流下部制御部は、前記材料の全ての合計面積に基づいて前記流下量を調整することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の粒度分布測定システム。

【請求項 4】

前記粒度分布算出部は、複数の前記撮影画像を用いて前記粒度分布を算出し、

前記撮影部による撮影間隔は、前記材料の流下速度と、前記撮影部による上下方向の撮影幅と、に基づいて設定されている

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の粒度分布測定システム。

【請求項 5】

前記材料の含水比を検出する含水比検出部を備え、

前記粒度分布算出部は、前記含水比に基づいて前記重量換算係数を変更して前記粒度分布を算出する

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の粒度分布測定システム

【請求項 6】

材料を流下させる材料流下部と、

流下する前記材料を撮影する撮影部と、

撮影された前記材料の粒径区分ごとの重量換算係数を算出する算出部と、

を備え、

前記算出部は、撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積を算出するとともに、粒径区分ごとの前記合計面積と、既知である前記材料の粒径区分ごとの重量と、に基づいて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出し、

前記材料流下部は、

傾斜板と、

前記傾斜板の下流側に配置されており、前記傾斜板の表面上を流下した前記材料を鉛直方向に流下させる流下方向変換部と、

を備え、

前記流下方向変換部は、一对の鉛直板を備えるとともに、前記一对の鉛直板のそれぞれにおいて、一方の前記鉛直板から他方の前記鉛直板に向かって形成される複数の突起を備え、

前記撮影部は、前記一对の鉛直板の間を流下した前記材料を、当該一对の鉛直板の下流側において撮影する

ことを特徴とする重量換算係数算出システム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 7】

前記流下方向変換部において、  
 一方の前記鉛直板は、前記傾斜板の前記表面の下端部の下方に設けられており、  
 他方の前記鉛直板は、一方の前記鉛直板と対向するように設けられており、  
 他方の前記鉛直板の上端部は、一方の前記鉛直板の上端部よりも上方に延設されている  
 ことを特徴とする請求項 6 に記載の重量換算係数算出システム。

## 【請求項 8】

前記算出部は、既知である前記材料の含水比と、既知である乾燥状態の前記材料の全重量と、既知である乾燥状態の前記材料の粒径区分ごとの加積通過率と、に基づいて、湿潤状態の前記材料の粒径区分ごとの重量を算出し、粒径区分ごとの前記合計面積と、湿潤状態の前記材料の粒径区分ごとの前記重量と、に基づいて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出する

10

ことを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載の重量換算係数算出システム。

## 【請求項 9】

前記算出部は、複数の前記撮影画像を用いて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出し

、  
 前記撮影部による撮影間隔は、前記材料の流下速度と、前記撮影部による上下方向の撮影幅と、に基づいて設定されている

ことを特徴とする請求項 6 から請求項 8 のいずれか一項に記載の重量換算係数算出システム。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、材料の粒度分布を測定する粒度分布測定システム、及び、粒度分布を測定するための重量換算係数を算出する重量換算係数算出システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ダム等の建設においてコンクリートやCSG (Cemented Sand and Gravel) を製造する工程では、バッチャープラントやCSG混合プラントなどが用いられている。これらのプラントでは、使用する骨材やCSG材といった材料の粒度が所定の範囲内にあることが、品質管理で求められている。コンクリートの品質管理上、材料の粒度分布を把握する必要がある。

30

## 【0003】

しかし、従来の粒度分布を管理する手法では、試料を篩いで粒径ごとに篩い分けるとともに乾燥させ、かかる試料の重量を測定して粒度分布を把握する必要があり、試験時間を要するために粒度分布の変動に対してタイムリーに対応することは困難であった。そこで、搬送ライン上を移動する材料を撮影し、その撮影結果に基づいて材料の粒度分布をリアルタイムに測定することが提案されている (例えば、特許文献 1, 2, 3 参照)。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

40

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 010726 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 083868 号公報

【特許文献 3】特開 2006 - 078234 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかし、特許文献 1 ~ 3 に記載された技術では、ベルト上で搬送されている材料が重なっている場合には、骨材が土砂に埋もれて撮影されず、粒度分布を正確に測定することができないという問題がある。

50

## 【0006】

そこで、本発明では、前記した問題を解決し、材料の粒度分布測定の精度を高めることができる粒度分布測定システム、及び、粒度分布を測定するための重量換算係数を算出する重量換算係数算出システムを提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

前記課題を解決するため、本発明の粒度分布測定システムは、材料を流下させる材料流下部と、流下する前記材料を撮影する撮影部と、撮影された前記材料の粒度分布を算出する算出部と、を備え、前記算出部は、撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積を算出する合計面積算出部と、前記撮影画像における粒径区分ごとの所定面積あたりの重量である重量換算係数が記憶される記憶部と、前記材料の粒径区分ごとの前記合計面積と前記重量換算係数とに基づいて、粒度分布を算出する粒度分布算出部と、を備え、前記重量換算係数は、粒径区分ごとの重量が既知の材料を前記材料流下部によって流下させて前記撮影部によって撮影した撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積と、既知である前記材料の粒径区分ごとの前記重量と、に基づいて予め算出されたものであり、前記材料流下部は、傾斜板と、前記傾斜板の下流側に配置されており、前記傾斜板の表面上を流下した前記材料を鉛直方向に流下させる流下方向変換部と、を備え、前記流下方向変換部は、一对の鉛直板を備えるとともに、前記一对の鉛直板のそれぞれにおいて、一方の前記鉛直板から他方の前記鉛直板に向かって形成される複数の突起を備え、前記撮影部は、前記一对の鉛直板の間を流下した前記材料を、当該一对の鉛直板の下流側において撮影することを特徴とする。

10

20

## 【0008】

かかる構成によると、流下する材料を撮影した撮影画像から得られた重量換算係数を用いて粒度分布を測定するので、粒度分布を高精度で測定することができる。

また、前記流下方向変換部において、一方の前記鉛直板は、前記傾斜板の前記表面の下端部の下方に設けられており、他方の前記鉛直板は、一方の前記鉛直板と対向するように設けられており、他方の前記鉛直板の上端部は、一方の前記鉛直板の上端部よりも上方に延設されていることが望ましい。

## 【0009】

前記算出部は、流下する前記材料の所定時間当たりの重量である流下量を変更するように前記材料流下部を制御する材料流下部制御部を備え、前記合計面積算出部は、前記撮影画像における前記材料の全ての合計面積を算出し、前記材料流下部制御部は、前記材料の全ての合計面積に基づいて前記流下量を調整することが望ましい。

30

## 【0010】

かかる構成によると、材料の全ての合計面積に基づいて材料の流下量を調整することによって、適正な流下量の下で粒度分布を測定することができる。

## 【0011】

前記粒度分布算出部は、複数の前記撮影画像を用いて前記粒度分布を算出し、前記撮影部による撮影間隔は、前記材料の流下速度と、前記撮影部による上下方向の撮影幅と、に基づいて設定されていることが望ましい。

40

## 【0012】

かかる構成によると、複数の撮影画像に材料が好適に撮影されるので、粒度分布の算出が容易であるとともに、多めの材料を用いて粒度分布の測定誤差を抑えることができる。

## 【0013】

前記粒度分布測定システムは、前記材料の含水比を検出する含水比検出部を備え、前記粒度分布算出部は、前記含水比に基づいて前記重量換算係数を変更して前記粒度分布を算出することが望ましい。

## 【0014】

かかる構成によると、含水比の変動に対応して粒度分布を好適に測定することができる。

50

## 【0015】

また、本発明の重量換算係数算出システムは、材料を流下させる材料流下部と、流下する前記材料を撮影する撮影部と、撮影された前記材料の粒径区分ごとの重量換算係数を算出する算出部と、を備え、前記算出部は、撮影画像における前記材料の粒径区分ごとの合計面積を算出するとともに、粒径区分ごとの前記合計面積と、既知である前記材料の粒径区分ごとの重量と、に基づいて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出し、前記材料流下部は、傾斜板と、前記傾斜板の下流側に配置されており、前記傾斜板の表面上を流下した前記材料を鉛直方向に流下させる流下方向変換部と、を備え、前記流下方向変換部は、一方の鉛直板を備えるとともに、前記一方の鉛直板のそれぞれにおいて、一方の前記鉛直板から他方の前記鉛直板に向かって形成される複数の突起を備え、前記撮影部は、前記一方の鉛直板の間を流下した前記材料を、当該一方の鉛直板の下流側において撮影することを特徴とする。

10

また、前記流下方向変換部において、一方の前記鉛直板は、前記傾斜板の前記表面の下端部の下方に設けられており、他方の前記鉛直板は、一方の前記鉛直板と対向するように設けられており、他方の前記鉛直板の上端部は、一方の前記鉛直板の上端部よりも上方に延設されていることが望ましい。

## 【0016】

前記算出部は、既知である前記材料の含水比と、既知である乾燥状態の前記材料の全重量と、既知である乾燥状態の前記材料の粒径区分ごとの加積通過率と、に基づいて、湿潤状態の前記材料の粒径区分ごとの重量を算出し、粒径区分ごとの前記合計面積と、湿潤状態の前記材料の粒径区分ごとの前記重量と、に基づいて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出する構成であってもよい。

20

## 【0017】

前記算出部は、複数の前記撮影画像を用いて粒径区分ごとの前記重量換算係数を算出し、前記撮影部による撮影間隔は、前記材料の流下速度と、前記撮影部による上下方向の撮影幅と、に基づいて設定されていることが望ましい。

## 【発明の効果】

## 【0018】

本発明では、材料の撮影画像に基づいて行われる粒度分布測定の精度を高めることができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】実施形態の粒度分布測定システムを示す構成図である。

【図2】実施形態の傾斜板、流下方向変換部及びスクリーンを示す斜視図である。

【図3】実施形態の算出部を示すブロック図である。

【図4】(a)は撮影画像を示す図、(b)は二値化画像を示す図、(c)は二値化画像において材料を粒径区分ごとに分類した状態を示す図、(d)は(c)における材料の表示状態と粒径区分との関係を示す表である。

【図5】材料が撮影される範囲と材料が撮影されない範囲とを示す模式図である。

【図6】測定された粒度分布の例を示すグラフである。

40

【図7】撮影画像における材料の全ての合計面積の時系列変化の一例を示すグラフである。

【図8】含水比と重量換算係数との関係の一例を示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0020】

本発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。以下の実施形態では、本発明の画像撮影装置を、コンクリートの製造工程において、材料の粒度分布を測定するための粒度分布測定システムに適用した場合について説明する。

## 【0021】

実施形態の粒度分布測定システム1は、流下する材料3の撮影画像に基づいて粒度分布

50

を測定するシステムであり、粒度分布を測定する前段階においては、粒径区分ごとの重量換算係数を算出する重量換算係数算出システムとして機能する。粒度分布測定システム 1 は、図 1 に示すように、材料 3 を流下させる材料流下部 2 と、材料流下部 2 の下流側に設けられたスクリーン 30 と、スクリーン 30 を照らす照明部 40 と、スクリーン 30 の前側の空間を流下する材料 3 を撮影する撮影部 50 と、撮影部 50 から得られた材料 3 の撮影画像に基づいて、材料 3 の粒度分布を算出する算出部 60 と、流下した材料 3 が収容されるホッパ 80 と、算出された粒度分布を表示する表示部 90 と、ユーザの操作に基づいて算出部 60 ヘデータを出力する入力部 100 と、材料 3 の含水比を検出するマイクロ波水分計 110 と、を備えている。

【 0 0 2 2 】

10

材料流下部 2 は、材料 3 を搬送するベルトコンベア 10 と、ベルトコンベア 10 の下流側に設けられた傾斜板 20 と、傾斜板 20 の下流側に設けられた流下方向変換部 70 と、を備えている。材料 3 は、粒状の材料であって、粗粒材（骨材等）及び細粒材（土砂等）を含有する混合材料である。

【 0 0 2 3 】

ベルトコンベア 10 は、材料 3 を後記する傾斜板 20 に供給するためのものである。ベルトコンベア 10 は、上流側及び下流側のプーリ 11 と、両プーリ 11 に掛け回された無端ベルト 12 と、上流側のプーリ 11 を回転させるモータ 13 と、モータ 13 の回転速度を変更するためのインバータ 14 と、を備えている。

【 0 0 2 4 】

20

傾斜板 20 は、平板であり、上流側（後側）から下流側（前側）に向けて材料 3 が流下する表面 20 a を有している。また、傾斜板 20 は、表面 20 a の幅方向両縁部に立設された一对の側壁 21、21 と、表面 20 a に形成された複数の突起 22 と、を備えている（図 2 参照）。

傾斜板 20 の上流側の縁部は、無端ベルト 12 の下流側の端部の下方に配置されている。傾斜板 20 は、表面 20 a が上流側から下流側に向かうに従って下がるように傾斜しており、無端ベルト 12 から排出された材料 3 は、表面 20 a に沿って前側に流下する。

【 0 0 2 5 】

一对の側壁 21 は、図 2 に示すように、傾斜板 20 の表面 20 a の幅方向両縁部に立設された壁であり、表面 20 a 上を流れ落ちる材料が横にこぼれるのを防ぐものである。また、一对の側壁 21 の下流側の端部は、傾斜板 20 の下流側の縁部よりも下流側に突出している。

30

【 0 0 2 6 】

突起 22 は、傾斜板 20 の表面 20 a に着脱自在に立設された三角錐型（型）突起であり、三角錐の底面の一の頂点が上流側を向く姿勢で、表面 20 a の上下方向に段階的（本実施形態では四段）に配置されている。複数の突起 22 は、表面 20 a 上を流れ落ちる材料を広く薄く分散させるとともに、材料を整流させるものである。各突起 22 の間隔は、各突起 22 の間を材料が詰まらずに通過するように設定されている。

【 0 0 2 7 】

流下方向変換部 70 は、傾斜板 20 の下流側に配置され、傾斜板 20 の下流側（前側）の縁部に取り付けられた前後二つの鉛直板 71、72 を有している。鉛直板 71、72 は、表面 20 a の下流側（前側）の縁部の幅と同じ幅に形成された平板であり、前後の面の法線方向が水平方向となるように配置されている。後側の鉛直板 72 の上端縁部は、表面 20 a の下流側（前側）の縁部に蝶番（図示せず）によって取り付けられ、前側の鉛直板 71 の上端縁部は、両側壁 21 の下流側（前側）の縁部に蝶番 71 c によって取り付けられている。

40

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すように、両鉛直板 71、72 は、前後方向に間隔を空けて平行に配置されており、傾斜板 20 から前側に向けて流下した材料 3 は、両鉛直板 71、72 の間に流入する。前側の鉛直板 71 は、傾斜板 20 から流下した材料 3 が前側に飛び出ないように、後

50

側の鉛直板 7 2 の上端縁部よりも上方に延ばされている。両鉛直板 7 1 , 7 2 の間隔は限定されるものではないが、両鉛直板 7 1 , 7 2 の間に流入した材料 3 が、両鉛直板 7 1 , 7 2 の間をスムーズに流れるように、両鉛直板 7 1 , 7 2 の間隔が設定されている。

【 0 0 2 9 】

前側の鉛直板 7 1 の後面 7 1 a 及び後側の鉛直板 7 2 の前面 7 2 a には、複数の突起 7 1 b , 7 2 b が形成されている。突起 7 1 b , 7 2 b は、後面 7 1 a 及び前面 7 2 a に水平方向に突設された円形断面の棒状部材である。後面 7 1 a 及び前面 7 2 a には、複数の突起 7 1 b , 7 2 b が、上下方向及び幅方向に間隔を空けて配置されている。両鉛直板 7 1 , 7 2 の間隔及び複数の突起 7 1 b , 7 2 b の間隔は、材料 3 について想定される最大粒径等を考慮して設定されている。

10

【 0 0 3 0 】

両鉛直板 7 1 , 7 2 の間に流入した材料 3 は、両鉛直板 7 1 , 7 2 の間を通過する。このとき、前側の鉛直板 7 1 の後面 7 1 a 及び後側の鉛直板 7 2 の前面 7 2 a に材料 3 が接触し、材料 3 の前後方向への移動が規制されることで、材料 3 の水平方向の速度成分が消失し、材料 3 の流下方向が鉛直下向きになる。これにより、流下方向変換部 7 0 を通過した材料 3 は、鉛直下向きに直線状の軌道（軌線）で流下するようになる。

【 0 0 3 1 】

なお、含水量が大きい土砂などの材料 3 である場合には、粗粒物に複数の細粒物が付着して団子状に固まった状態となる。このような材料 3 を両鉛直板 7 1 , 7 2 の間に通過させた場合には、材料 3 が複数の突起 7 1 b , 7 2 b に接触することで、粗粒物と細粒物とを分離させることができる。

20

【 0 0 3 2 】

スクリーン 3 0 は、図 1 に示すように、流下方向変換部 7 0 の下流側に設けられた平板である（図 2 参照）。このスクリーン 3 0 は、両鉛直板 7 1 , 7 2 に対して平行に配置されている。さらに、スクリーン 3 0 は、前側の鉛直板 7 1 に対して前側にオフセットされており、前側の鉛直板 7 1 とスクリーン 3 0 との間に前後方向の隙間が形成されている。

なお、スクリーン 3 0 は、両鉛直板 7 1 , 7 2 の間から流下した材料 3 が、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a に接触しないように、材料 3 の軌道（軌線）から離れた位置に配置されている。

【 0 0 3 3 】

30

照明部 4 0 は、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a を照らす光源（ライト）であり、前側の鉛直板 7 1 とスクリーン 3 0 との間に形成された隙間から表面 3 0 a に光を照射するように構成されている。つまり、照明部 4 0 は、図 1 に示す前後方向において、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a と流下する材料 3 との間に配置されている。

【 0 0 3 4 】

ホッパ 8 0 は、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a 側の空間を通過した材料 3 を収容するものである。ホッパ 8 0 の上側の開口部は、スクリーン 3 0 の下流側の端部の下方に配置されている。

【 0 0 3 5 】

撮影部 5 0 は、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a 側の空間を通過する材料 3 を、図 1 に示す後側から表面 3 0 a を背景として撮影し、撮影結果を後記する算出部 6 0 に出力するカメラである。撮影部 5 0 は、鉛直下向きに流下する材料 3 を水平方向から撮影するように設定されている。すなわち、撮影部 5 0 の撮像素子の撮像面は、鉛直方向に平行な平面に配置されている。なお、撮影部 5 0 としては、デジタル画像を取得可能なビデオカメラ又は高解像度のデジタルカメラが好適である。

40

【 0 0 3 6 】

算出部 6 0 は、C P U (Central Processing Unit) 6 0 A、R O M (Read Only Memory) 6 0 B、R A M (Random Access Memory) 6 0 C (図 3 参照) 等からなるコンピュータであり、撮影部 5 0 の撮影画像を取得し、この撮影画像に基づいて、材料 3 の粒径区ごとの重量換算係数を算出、あるいは、粒度分布を算出する。算出された重量換算係数は

50

記憶部 6 2 に記憶され、算出された粒度分布は表示部 9 0 へ出力される。算出部 6 0 の詳細な構成、算出部 6 0 による重量換算係数及び粒度分布の算出手法については、後で詳細に説明する。

【 0 0 3 7 】

表示部 9 0 は、粒度分布を表示するディスプレイ等である。入力部 1 0 0 は、ユーザの操作に基づいて、重量換算係数を算出するための既知の数値を算出部 6 0 の重量換算係数算出部 6 4 へ出力するキーボード、マウス等である。

【 0 0 3 8 】

マイクロ波水分計 1 1 0 は、材料 3 の含水比を検出する含水比検出部の一例であって、本実施形態では、ベルトコンベア 1 0 上における材料 3 の含水比を検出して算出部 6 0 へ出力する。

10

【 0 0 3 9 】

ここで、算出部 6 0 による粒度分布の算出方法について説明する。図 1 に示す撮影部 5 0 では、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a を背景として、上流側から下流側に向けて流れる材料 3 を撮影する。このとき、前後方向においてスクリーン 3 0 の表面 3 0 a 側の空間を通過する材料 3 とスクリーン 3 0 との間から、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a が照明部 4 0 によって照らされているため、スクリーン 3 0 の表面 3 0 a のみが明るくなり、材料 3 は黒い影として撮影される。そして、算出部 6 0 は、撮影画像を二値化処理して材料 3 の大きさ（粒径）を算出するとともに、かかる粒径に基づいて粒度分布を算出する。

【 0 0 4 0 】

20

より詳細には、算出部 6 0 は、図 3 に示すように、機能部として、合計面積算出部 6 1 と、記憶部 6 2 と、粒度分布算出部 6 3 と、重量換算係数算出部 6 4 と、ベルトコンベア制御部 6 5 と、含水比監視部 6 6 と、を備える。かかる機能部のうち、記憶部 6 2 は、CPU 6 0 A のワークエリアである RAM 6 0 C 内に具現化される。また、合計面積算出部 6 1、粒度分布算出部 6 3、重量換算係数算出部 6 4、ベルトコンベア制御部 6 5 及び含水比監視部 6 6 は、CPU 6 0 A 内に具現化されている。すなわち、CPU 6 0 A は、ROM 6 0 B に格納された粒度分布測定及び重量換算係数算出のためのプログラム 6 7 を読み出して実行することによって、合計面積算出部 6 1、粒度分布算出部 6 3、重量換算係数算出部 6 4、ベルトコンベア制御部 6 5 及び含水比監視部 6 6 として機能する。

【 0 0 4 1 】

30

合計面積算出部 6 1 は、撮影画像における材料 3 の粒径区分ごとの合計面積を算出し、算出結果を粒度分布算出部 6 3 及び重量換算係数算出部 6 4 へ出力するとともに、撮影画像における材料 3 の全ての合計面積（総合面積）を算出し、ベルトコンベア制御部 6 5 へ出力する。本実施形態において、粒径区分は、混合材料である材料 3 の粒径に関して、5 [mm] 以下、5 [mm] よりも大きく 10 [mm] 以下、10 [mm] よりも大きく 20 [mm] 以下、20 [mm] よりも大きく 40 [mm] 以下、40 [mm] よりも大きく 80 [mm] 以下、の 5 つの区分として設定されている（図 4（d）参照）。

【 0 0 4 2 】

記憶部 6 2 には、撮影画像における所定面積あたりの重量である重量換算係数が粒径区分ごとに記憶されている。

40

【 0 0 4 3 】

粒度分布算出部 6 3 は、合計面積算出部 6 1 から出力された材料 3 の粒径区分ごとの合計面積を取得するとともに、粒径区分ごとの重量換算係数を記憶部 6 2 から読み出し、材料 3 の粒径区分ごとの前記合計面積と前記重量換算係数とに基づいて、粒度分布を算出し、算出結果を表示部 9 0 へ出力する。

【 0 0 4 4 】

重量換算係数算出部 6 4 は、粒度分布を算出する前段階において、合計面積算出部 6 1 から出力された材料 3 の粒径区分ごとの合計面積と、入力部 1 0 0 からの各種データ（重量換算係数を算出するための既知の数値）と、を取得し、取得された合計面積及び各種データに基づいて、粒径区分ごとの重量換算係数を算出して記憶部 6 2 に記憶させる。重量

50



換算係数の較正手法については、後で詳細に説明する。

【 0 0 4 5 】

ベルトコンベア制御部 6 5 は、材料 3 の流下量を変更するように材料流下部 2 を制御する材料流下部制御部の一例であって、本実施形態では、合計面積算出部 6 1 から出力された材料 3 の全ての合計面積を取得し、取得された材料 3 の全ての合計面積に基づいて、インバータ 1 4 を介してモータ 1 3 の回転速度を制御することによって、材料 3 の流下量を変更する。材料 3 の流下量の変更手法については、後で詳細に説明する。

【 0 0 4 6 】

含水比監視部 6 6 は、マイクロ波水分計 1 1 0 によって検出された材料 3 の含水比を取得して粒度分布算出部 6 3 へ出力する。本実施形態において、粒度分布算出部 6 3 は、含水比監視部 6 6 から出力された含水比を取得し、取得された含水比が大きいほど重量換算係数が大きくなるように当該重量換算係数を変更して粒度分布を算出する。重量換算係数の変更手法については、後で詳細に説明する。

【 0 0 4 7 】

< 重量換算係数の較正手法 >

続いて、粒径区分ごとの重量換算係数を予め算出するための較正手法について説明する。ここで、粒度分布測定システム 1 は、粒径区分ごとの重量換算係数を算出する重量換算係数算出システムとして機能し、詳細には、合計面積算出部 6 1 及び重量換算係数算出部 6 4 の組み合わせが、撮影された材料 3 の粒径区分ごとの重量換算係数を算出する算出部として機能する。

【 0 0 4 8 】

まず、採掘された材料 3 に関して、湿潤状態における粒径区分ごとの含水比と、乾燥状態における粒径区分ごとの加積通過率と、乾燥状態における全体の重量と、を測定する。続いて、かかる材料 3、すなわち、粒度分布が既知な混合材である材料 3 (乾燥状態の重量  $S [g]$ ) のをベルトコンベア 1 0 に均一に載せる。かかる材料 3 は、傾斜板 2 0 及び流下方向変換部 7 0 を介して流下する。撮影部 5 0 は、流下する材料 3 を撮影する。

【 0 0 4 9 】

ここで、材料 3 の粒度分布が既知であるとは、湿潤した材料 3 の粒径区分ごとの重量が既知であることを意味する。本実施形態では、乾燥状態の材料 3 の粒径区分ごとの加積通過率 (すなわち、重量)、乾燥状態の全ての材料 3 の重量と、粒径区分ごとの含水比と、が既知であって、算出部 6 0 の重量換算係数算出部 6 4 は、入力部 1 0 0 から出力されたこれら既知のデータを取得し、乾燥した材料 3 の粒径区分ごとの重量、乾燥状態の全ての材料 3 の重量と、粒径区分ごとの含水比と、に基づいて、湿潤した材料 3 の粒径区分ごとの重量を算出することができる。

【 0 0 5 0 】

続いて、算出部 6 0 の合計面積算出部 6 1 が、材料 3 が流下中の  $M [枚]$  の撮影画像を用いて、粒径区分ごとの合計面積  $[pix]$  を算出する。

【 0 0 5 1 】

まず、合計面積算出部 6 1 は、図 4 ( a ) に示す撮影画像を撮影部 5 0 から取得する。続いて、合計面積算出部 6 1 は、予め設定された閾値を用いて撮影画像を二値化処理することによって、図 4 ( b ) に示す二値化画像を生成する。図 4 ( b ) では、二値化処理によって輪郭が明確になった材料を白抜きで描いている。

【 0 0 5 2 】

続いて、合計面積算出部 6 1 は、二値化画像を用いて画像中の材料 3 の粒径を算出するとともに、算出された粒径に基づいて材料 3 を粒径区分ごとに分類し (図 4 ( c ) 参照)、材料 3 の粒ごとの面積を算出するとともに、材料 3 の粒ごとの粒径及び面積に基づいて、粒径区分ごとの合計面積を算出し、算出結果を重量換算係数算出部 6 4 へ出力する。

【 0 0 5 3 】

続いて、算出部 6 0 の重量換算係数算出部 6 4 が、1 [枚] の撮影画像に撮影されている材料 3 の重量  $[g]$  を算出する。ここで、1 [枚] の撮影画像に撮影されている材料 3

10

20

30

40

50

の重量 [ g ] としては、理論値が用いられる。

【 0 0 5 4 】

ここで理論値を用いるのは、図 5 に示すように、撮影部 5 0 による撮影タイミングの関係上、流下する材料 3 の全てを撮影するように設定するよりも、理論値を用いる方が容易であるためである。図 5 に示すように、撮影部 5 0 による撮影タイミングの関係上、材料 3 が撮影される範囲 P 1 材料 3 が撮影されない範囲 Q 1 材料 3 が撮影される範囲 P 2 材料 3 が撮影されない範囲 Q 2 材料 3 が撮影される範囲 P 3 ... と、定期的な間隔で材料 3 が撮影されない範囲が存在する。すなわち、ベルトコンベア 1 0 に敷き並べられた材料 3 の全てを撮影することはできず、また、撮影画像に含まれる材料 3 の重量を直接計測することは困難である。

10

【 0 0 5 5 】

また、撮影部 5 0 による撮影タイミングを流下する材料 3 の全てを撮影するように設定することも可能であるが、設定に失敗した場合には、隣接する材料 3 が撮影される範囲同士が重なってしまうことがあり、この場合には、重複して撮影された材料 3 に関する処理が困難である。

【 0 0 5 6 】

理論値は、ベルトコンベア 1 0 上の材料 3 を均一に敷き並べることによって単位時間当たりの流下量  $F$  [ g / s ] を決定するとともに、材料 3 が撮影画像の撮影範囲内を通過する通過時間 [ s ] をハイスピードカメラによって動画撮影してその動画を分析することで算出することができる。

20

【 0 0 5 7 】

流下量  $F$  に関しては、材料 3 の重量 ( 乾燥状態 ) が  $H$  [ g ] 、かかる材料 3 がベルトコンベア 1 0 に敷き並べられた長さが  $Y$  [ m ] 、ベルトコンベア 1 0 の速度が  $V$  [ m / s ] である場合には、流下量  $F$  [ g / s ] は、 $F = H \cdot V / Y$  によって算出される。

【 0 0 5 8 】

また、通過時間に関しては、測定対象の材料 3 の 1 つの粒を粒度分布測定時と同一条件で流下させ、撮影範囲内を何コマで通過するかを分析し、フレームレートから分かる 1 コマ当たりの時間と通過コマ数とに基づいて算出される。フレームレート  $J$  [ s / コマ ] で材料 3 の 1 つの粒が撮影範囲を落下するコマ数 ( 通過コマ数 ) が  $K$  [ コマ ] である場合には、通過時間は、 $J \cdot K$  [ s ] である。撮影画像 1 枚当たりの材料 3 の重量 ( 乾燥状態 )  $G$  [ g / 枚 ] は、 $G = F \cdot J \cdot K$  [ g / 枚 ] となり、撮影画像  $M$  [ 枚 ] に撮影される材料 3 の合計重量 ( 乾燥状態 )  $S$  [ g ] は、 $S = G \cdot M$  によって算出される。

30

【 0 0 5 9 】

例えば、フレームレートが 2 4 0 [ f p s ] 、通過コマ数が 2 8 [ コマ ] であれば、通過時間は、 $28 \div 240 = 0.117$  [ s ] となる。材料 3 の単位時間当たりの流下量が 4 3 0 0 [ g / s ] であれば、理論上、1 コマ ( 画像 1 枚 ) 当たりに撮影される材料 3 の重量は、 $0.117 \times 4300 = 503$  [ g ] となる。

【 0 0 6 0 】

続いて、算出部 6 0 の重量換算係数算出部 6 4 が、表 1 に示す重量換算係数の一般化計算式の各パラメータ ( 入力部 1 0 0 からの既知のデータ、及び、合計面積算出部 6 1 からの算出結果 ) に基づいて、粒径区分ごとの重量換算係数を算出する。

40

【 0 0 6 1 】

【 表 1 】

粒径区分	材料重量(乾燥)			材料重量(湿润)			一般化計算式			計算解 重量換算係数 [g/pix]
	加積通過率 [%]	粒径区分別 重量百分率 [%]	粒径区分別 乾燥重量 [g]	含水比 [%]	水分量 [g]	粒径区分別 湿润重量 [g]	粒径区分別 合計面積 [pix]	重量換算 係数 [g/pix]	粒径区分別 湿润重量 [g]	
5[mm]以下	A	A	$S1 = S \cdot A$	w1	$S1 \cdot w1$	$S1 \cdot (1 + w1)$	a	X1	a·X1	$S1 \cdot (1 + w1) / a$
5-10[mm]	B	B-A	$S2 = S \cdot (B - A)$	w2	$S2 \cdot w2$	$S2 \cdot (1 + w2)$	b	X2	b·X2	$S2 \cdot (1 + w2) / b$
10-20[mm]	C	C-B	$S3 = S \cdot (C - B)$	w3	$S3 \cdot w3$	$S3 \cdot (1 + w3)$	c	X3	c·X3	$S3 \cdot (1 + w3) / c$
20-40[mm]	D	D-C	$S4 = S \cdot (D - C)$	w4	$S4 \cdot w4$	$S4 \cdot (1 + w4)$	d	X4	d·X4	$S4 \cdot (1 + w4) / d$
40-80[mm]	1	1-D	$S5 = S \cdot (1 - D)$	w5	$S5 \cdot w5$	$S5 \cdot (1 + w5)$	e	X5	e·X5	$S5 \cdot (1 + w5) / e$
M[枚]合計		1	S		$\sum W$	$S + \sum W$				

10

20

30

40

加積通過率  $A, B, C, D, 1$  (  $\times 100$  [%] ) ( 換言すると、乾燥した材料 3 の粒径区分ごとの重量百分率 ) と、乾燥した材料 3 の全ての粒径区分の合計重量  $S$  [ g ] と、粒径区分ごとの含水比  $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$  [%] とは、較正を行う前の段階で既知であり、また、撮影画像の合計枚数  $M$  [ 枚 ] と、粒径区分ごとの画像面積  $a, b, c, d, e$  [  $\text{pix}$  ] は、較正作業によって得られて既知となる。

【 0 0 6 3 】

ここで、一例として、粒径区分 5 [ mm ] 以下の場合における重量換算係数の算出手法について説明する。かかる粒径区分では、乾燥状態の材料 3 の粒径区分別重量百分率  $A$  は加積通過率  $A$  と同じ値であり、粒径区分別乾燥重量  $S_1$  は、下記式によって求められる。

$$S_1 = S \cdot A$$

10

【 0 0 6 4 】

湿潤状態の材料 3 の含水比  $w_1$  は既知であるため、湿潤状態の材料 3 の重量は、 $S_1 \cdot (1 + w_1)$  となる。

【 0 0 6 5 】

一方、湿潤状態の材料 3 の重量は、材料 3 の合計面積  $a$  と、重量換算係数  $X_1$  と、を用いて  $a \cdot X_1$  となるため、下記式が成立する。

$$a \cdot X_1 = S_1 \cdot (1 + w_1)$$

【 0 0 6 6 】

したがって、粒径区分 5 [ mm ] 以下の場合における重量換算係数  $X_1$  は、下記式によって求められる。

20

$$X_1 = S_1 \cdot (1 + w_1) / a$$

【 0 0 6 7 】

かかる較正方法を用いて実際に重量換算係数を算出した例を表 2 に示す。

【 0 0 6 8 】

【 附 2 】

粒径区分	材料重量(乾燥)		材料重量(湿润)		一般化計算式			計算解 重量換算係数	
	加積通過率 [%]	粒径区分別 重量百分率 [%]	粒径区分別 乾燥重量 [g]	含水比 [%]	水分量 [g]	粒径区分別 湿润重量 [g]	粒径区分別 合計面積 [pix]		重量換算 係数 [g/pix]
5[mm]以下	30.0	30.0	19,080	1.6	305	19,385	26,649,570	$0.727 \times 10^{-3}$	
5-10[mm]	39.0	9.0	5,724	2.6	149	5,873	6,365,595	$0.923 \times 10^{-3}$	
10-20[mm]	54.0	15.0	9,540	2.4	229	9,769	9,306,262	$1.050 \times 10^{-3}$	
20-40[mm]	77.0	23.0	14,628	2.7	395	15,023	2,912,641	$5.158 \times 10^{-3}$	
40-80[mm]	100.0	23.0	14,628	2.4	351	14,979	1,765,013	$8.487 \times 10^{-3}$	
120[枚]合計		100.0	63,600	2.2	1,429	65,029	46,999,081		

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

50

算出部 6 0 の重量換算係数算出部 6 4 は、表 2 の粒径区分と重量換算係数とを関連付けて記憶部 6 2 に記憶させる。

【 0 0 7 0 】

図 6 は、表 2 の例に基づいて算出された粒度分布を示すグラフである。ここでは、粒度分布を算出するにあたって、後記する材料の流下量の調整手法及び重量換算係数の変更手法は行われていない。図 6 に示す粒度分布において、J I S 法によって得られる粒度分布との間における加積通過率の誤差は、撮影画像の平均枚数が 2 0 0 [ 枚 ] の場合、概ね ± 3 [ % ] であり、粒度分布測定システム 1 が粒度分布を高精度で測定することができることがわかる。

【 0 0 7 1 】

< 従来の重量換算係数の算出手法 >

比較例として、従来の重量換算係数の算出手法について説明する。従来は、以下の 1 ~ 4 のステップによって重量換算係数が算出されている。

- 1 . 粒径区分ごとに材料を床に並べて撮影する。
- 2 . 撮影された画像を解析して、材料の粒径区分ごとの合計面積を算出する。
- 3 . 材料の粒径区分ごとの合計重量を測定する。
- 4 . 材料の粒径区分ごとの合計重量を材料の粒径区分ごとの合計面積で割ることによって、粒径区分ごとの重量換算係数を算出する。

【 0 0 7 2 】

従来の手法によって算出された重量換算係数を用い、本実施形態に係る粒度分布測定システム 1 によって粒度分布を測定しようとした場合には、各粒径区分を混合した材料（混合材料）を流下させた状態で撮影するので、小さい材料が大きい材料の影になったり、材料同士がくっついてしまったりと、床に並べられた状態とは異なる状態で材料を撮影して粒度分布を算出するので、算出精度が落ちてしまうという問題が生じる。

【 0 0 7 3 】

これに対し、本実施形態の粒度分布測定システム 1 は、流下する材料 3 を撮影した撮影画像から得られた重量換算係数を用いて粒度分布を測定するので、粒度分布を高精度で測定することができる。

【 0 0 7 4 】

< 材料の流下量の調整手法 >

続いて、撮影画像における材料 3 の全ての合計面積を用いて材料 3 の流下量を調整する手法について説明する。

【 0 0 7 5 】

本実施形態において、図 3 に示す合計面積算出部 6 1 は、撮影画像における材料 3 の全ての合計面積を算出してベルトコンベア制御部 6 5 へ出力する。ベルトコンベア制御部 6 5 は、合計面積算出部 6 1 から出力された材料 3 の全ての合計面積を取得し、取得された材料 3 の全ての合計面積に基づいて、材料 3 の全ての合計面積が大きいほど、流下量が小さくなるように材料流下部を制御する。

【 0 0 7 6 】

ここで、撮影画像における材料 3 の全ての合計面積の基準値  $R [ \text{pix} ]$  は、重量換算係数を算出する際に使用される複数の撮影画像における材料 3 の全ての合計面積の平均値（1 [ 枚 ] 当たりの合計面積）に基づいて設定される。

【 0 0 7 7 】

本実施形態において、ベルトコンベア制御部 6 5 は、複数（例えば、5 0 ~ 1 0 0 [ 枚 ]）の撮影画像を 1 セットとして材料 3 の全ての合計面積を算出する。そのため、基準値  $R [ \text{pix} ]$  は、前記平均値に 1 セット分の枚数を掛けた値となる。

【 0 0 7 8 】

図 7 に示すように、ベルトコンベア制御部 6 5 は、基準値  $R$  を基に許容範囲を設定しており、材料 3 の全ての合計面積を時系列で監視する。材料 3 の全ての合計面積が許容範囲から外れたら（下限値  $R_D$  未満となった場合、又は、上限値  $R_U$  を超えた場合）、ベルト

10

20

30

40

50

コンベア制御部 65 は、材料 3 の流下量を調整して基準値 R に近づけるようにインバータ 14 を制御する。ここで、撮影画像における材料 3 の全ての合計面積の現在の値を  $R_N$ 、モータ 13 の回転速度の現在の値を  $V_N$  としたとき、ベルトコンベア制御部 65 は、モータ 13 の目標回転速度  $V_P$  を  $V_P = V_N \cdot R / R_N$  によって算出し、モータ 13 の回転速度が目標回転速度  $V_P$  となるようにインバータ 14 を制御する。図 7 の例では、時刻  $t_1$  以降において、ベルトコンベア制御部 65 は、モータ 13 の回転速度を小さくすることによって、材料 3 の全ての合計面積を基準値 R に近づける。

【0079】

このように、本実施形態の粒度分布測定システム 1 は、材料 3 の全ての合計面積に基づいて材料 3 の流下量を調整することによって、適正な流下量の下で粒度分布を測定することができる。

10

【0080】

<重量換算係数の変更手法>

続いて、材料 3 の含水比を用いて重量換算係数を変更する手法について説明する。

【0081】

本実施形態において、図 3 に示す含水比監視部 66 は、マイクロ波水分計 110 によって検出された材料 3 の含水比を取得して粒度分布算出部 63 へ出力する。粒度分布算出部 63 は、含水比監視部 66 から出力された含水比を取得し、取得された含水比に基づいて、含水比が大きいほど重量換算係数が大きくなるように当該重量換算係数を変更して粒度分布を算出する。

20

【0082】

本実施形態では、重量換算係数算出部 64 は、含水比と重量換算係数とを関連付けて記憶部 62 に記憶させており、図 8 に示すように、記憶部 62 に記憶された重量換算係数は、含水比が大きいほど段階的に大きくなるように設定されている。含水比が一定の範囲では重量換算係数が同じ値としたのは、含水比の小さい変動は質量換算係数に与える影響が小さいことが実験によってわかっているためであり、このようにすることで、重量換算係数の更新頻度を下げることができる。粒度分布算出部 63 は、マイクロ波水分計 110 によって検出された含水比に応じた粒径区分ごとの重量換算係数を記憶部 62 から読み出し、読み出された粒径区分ごとの重量換算係数に基づいて粒度分布を算出する。

【0083】

なお、重量換算係数は、必ずしも、含水比が大きいほど当該重量換算係数が大きくなるとは限らず、含水比が大きいほど重量換算係数が小さくなるように設定される場合もある。

30

【0084】

また、粒度分布算出部 63 は、マイクロ波水分計 110 の検出位置と撮影部 50 による撮影位置との距離とモータ 13 の回転速度とを考慮して、重量換算係数の適用タイミングを設定することも可能である。

【0085】

このように、本実施形態の粒度分布測定システム 1 は、含水比の変動に対応して粒度分布を好適に測定することができる。

40

【0086】

以上説明したように、本実施形態の粒度分布測定システム 1 は、流下する材料 3 を撮影した撮影画像から得られた重量換算係数を用いて粒度分布を測定するので、粒度分布を高精度で測定することができる。

【0087】

また、本実施形態の粒度分布測定システム 1 は、複数の撮影画像に材料 3 が好適に撮影されるので、粒度分布の算出が容易であるとともに、多めの材料 3 を用いて粒度分布の測定誤差を抑えることができる。

【0088】

また、以上のような粒度分布測定システム 1 では、図 1 に示すように、材料 3 を傾斜板

50

20の表面20aに沿って流下させることで、材料3を拡散させることができる。

さらに、流下方向変換部70を通過した材料3は、スクリーン30から離れた位置を通過するため、スクリーン30の表面30aが材料3によって汚れるのを防ぐことができる。

これにより、撮影部50が材料3を撮影したときに、材料3が重なることなく、また、スクリーン30の汚れも撮影されなくなるため、撮影画像上の材料3を正確に認識することができる。

【0089】

また、傾斜板20から流下した材料3は、水平方向の速度成分を有した状態で、流下方向変換部70に流入するが、流下方向変換部70を通過することで、水平方向の速度成分が消失し、鉛直下向きに直線状に流下する。これにより、流下方向変換部70を通過した材料3は、撮影部50の撮像素子の撮像面に平行な平面に沿って流下することになる。

スクリーン30の前側を通過する材料3に水平方向の速度成分が含まれていると、材料3の落下軌道が放物線となり、撮像面から撮影領域内の各材料3までの距離が、撮影領域の上側と下側とで一定にならないため、算出部60において空間分解能に差異が生じてしまう。これに対して、本実施形態の粒度分布測定システム1では、撮像面から撮影領域内の各材料3までの距離が一定になるので、撮影画像上で材料3の大きさを正確に測定することができる。

【0090】

また、スクリーン30の表面30a側の空間を通過する材料3よりもスクリーン30の表面30a側からスクリーン30の表面30aを照らすことで、スクリーン30が明るくなり、材料3は黒い影として撮影される。これにより、材料3に模様がある場合でも、撮影画像上で材料3の外形を明確に認識することができる。

【0091】

したがって、本実施形態の粒度分布測定システム1では、材料3の撮影画像に基づいて、粒度分布を正確に測定することができる。

【0092】

また、粗細粒の分離装置を用いた従来の設備構成に比べて、流下方向変換部70を設けることで、粒度分布測定システム1の設備構成を小型化することができる。

【0093】

また、本実施形態の粒度分布測定システム1は、材料3の全ての合計面積に基づいて材料3の流下量を調整することによって、適正な流下量の下で粒度分布を測定することができる。

【0094】

また、本実施形態の粒度分布測定システム1は、含水比の変動に対応して粒度分布を好適に測定することができる。

【0095】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記実施形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜に変更が可能である。

例えば、材料3の流下量の調整手法を行わない場合には、インバータ14及びベルトコンベア制御部65は、省略可能である。

また、重量換算係数の変更手法を行わない場合には、マイクロ波水分計110及び含水比監視部66は、省略可能である。

また、撮影部50による撮影間隔は、複数の撮影画像に材料3が重複して撮影されることなく、かつ、全ての材料3を撮影可能な間隔であって、撮影範囲の上端における材料3の落下速度と、撮影範囲の上下方向の撮影幅と、に基づいて設定されていてもよい。この場合には、図5に示す範囲Q1, Q2が存在しないので、前記した材料3の重量(既知の値)H[g]と重量(理論値)S[g]とが等しくなる。ここで、撮影範囲の上端における材料3の落下速度は、材料3の材料流下部2からの落下初速度と、材料流下部2の下端と撮影範囲の上端との距離と、に基づいて算出することが可能である。

10

20

30

40

50



また、材料流下部 2 に対するスクリーン 3 0、照明部 4 0 及び撮影部 5 0 の位置関係は、図 1 の前後方向において反転していてもよい。

【 0 0 9 6 】

また、材料流下部 2 は、前記したものに限定されない。例えば、流下方向変換部 7 0 は、省略可能である。

【 0 0 9 7 】

また、傾斜板 2 0 の突起 2 2 の形状は、前記した三角錐型（ 型）に限定されず、フィン型（ I 型）、ピン型（ 型）、折り曲げ板の折り曲げ部分を上に向けた型（ 型）等を用いることができる。さらに、これらの複数の形状の突起を組み合わせてもよい。

【 0 0 9 8 】

また、鉛直板 7 1 , 7 2 の突起 7 1 b , 7 2 b の形状は、前記した円形断面の棒状部材（ピン型）に限定されず、円錐形状や板状等の形状を用いることができる。さらに、これらの複数の形状の突起を組み合わせてもよい。

【 0 0 9 9 】

また、傾斜板 2 0 の傾斜角度、並びに、突起 2 2 の高さや向きは、材料 3 の大きさ等に応じて適宜に設定されるものである。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 0 】

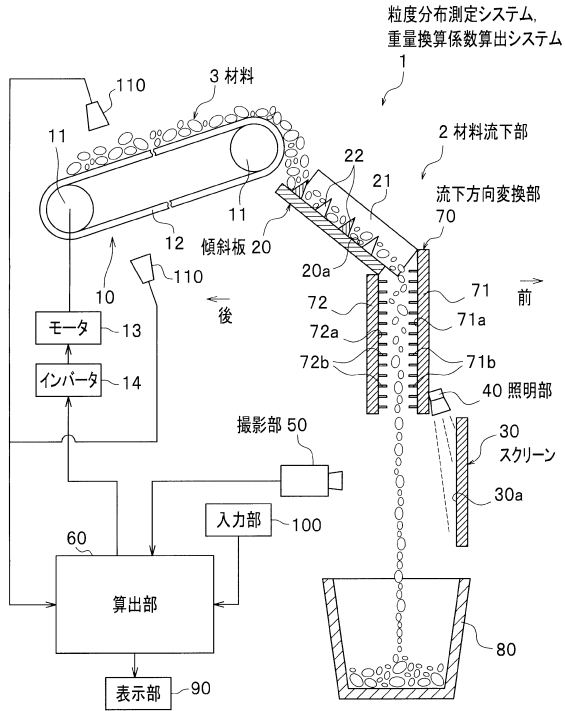
- 1 粒度分布測定システム（重量換算係数算出システム）
- 2 材料流下部
- 3 材料
- 1 0 ベルトコンベア
- 1 3 モータ
- 1 4 インバータ
- 2 0 傾斜板
- 3 0 スクリーン
- 4 0 照明部
- 5 0 撮影部
- 6 0 算出部
- 6 1 合計面積算出部
- 6 2 記憶部
- 6 3 粒度分布算出部
- 6 4 重量換算係数算出部
- 6 5 ベルトコンベア制御部（材料流下部制御部）
- 7 0 流下方向変換部
- 8 0 ホッパ
- 1 1 0 マイクロ波水分計（含水比検出部）

10

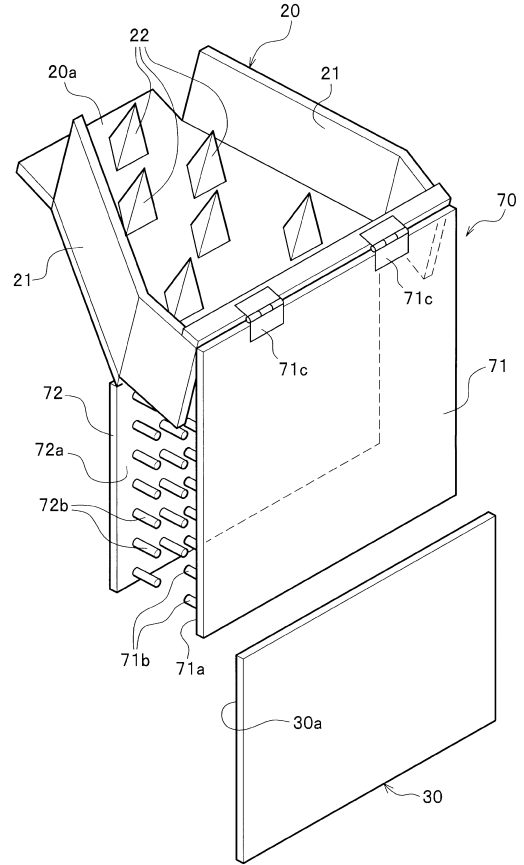
20

30

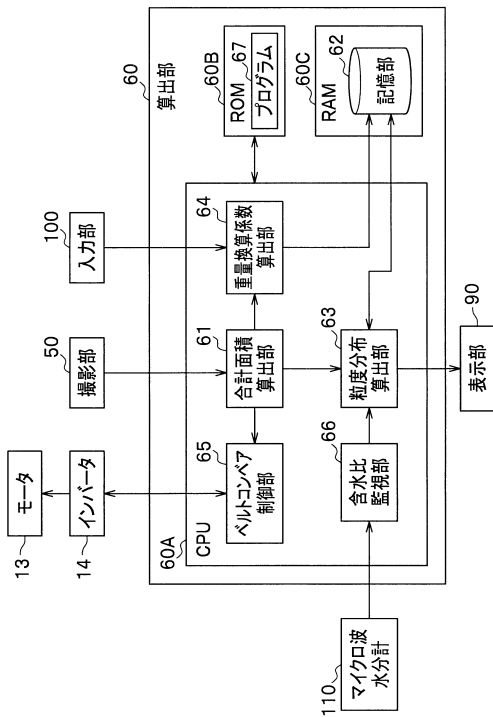
【図1】



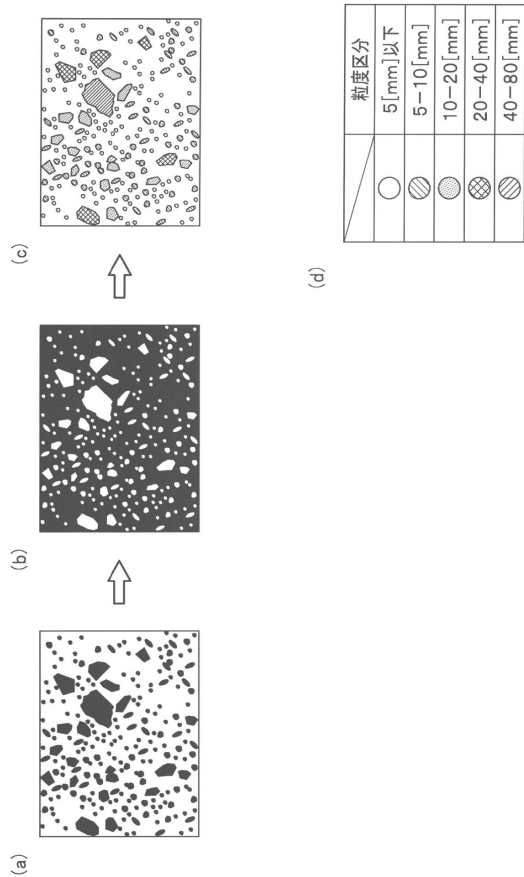
【図2】



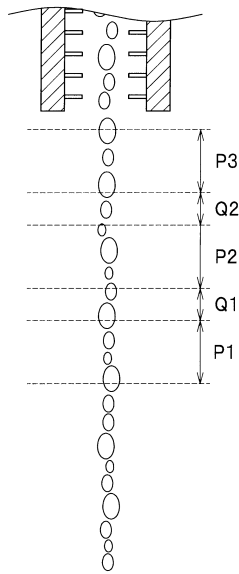
【図3】



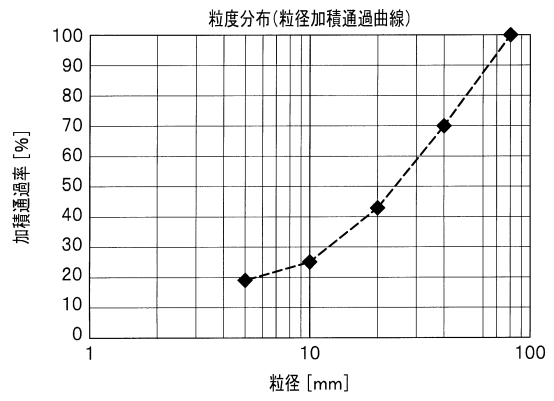
【図4】



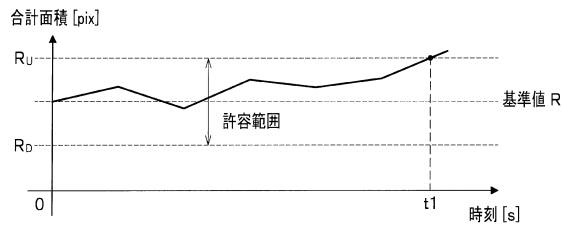
【 図 5 】



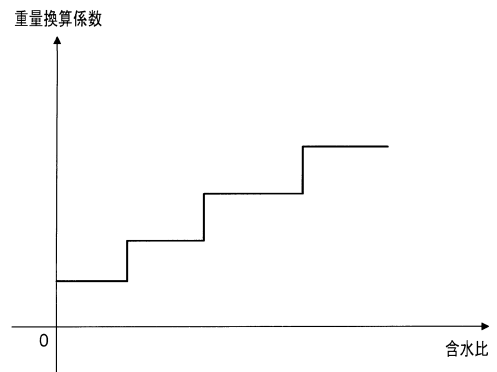
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100064414  
弁理士 磯野 道造
- (74)代理人 100111545  
弁理士 多田 悦夫
- (74)代理人 100129067  
弁理士 町田 能章
- (72)発明者 片山 三郎  
東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会社内
- (72)発明者 江田 正敏  
東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会社内
- (72)発明者 新井 博之  
東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会社内
- (72)発明者 吉田 等  
東京都台東区池之端二丁目9番7号 池之端日殖ビル2F 一般財団法人ダム技術センター内

審査官 土岐 和雅

- (56)参考文献 特開2012-037296(JP,A)  
特開昭54-092389(JP,A)  
特開2011-163836(JP,A)  
特開2003-010726(JP,A)  
実開平02-146367(JP,U)  
特開2007-064686(JP,A)  
特開2000-314698(JP,A)  
特開2012-242099(JP,A)  
特開平03-175335(JP,A)  
特開2004-264257(JP,A)  
特開2012-202757(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N1/00~1/44、15/00~15/14、33/00~33/46  
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)