

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3840547号  
(P3840547)

(45) 発行日 平成18年11月1日(2006.11.1)

(24) 登録日 平成18年8月18日(2006.8.18)

|                         |              |   |
|-------------------------|--------------|---|
| (51) Int. Cl.           | F I          |   |
| GO 1 F 1/34 (2006.01)   | GO 1 F 1/34  | A |
| GO 1 F 1/00 (2006.01)   | GO 1 F 1/00  | F |
| GO 1 F 1/48 (2006.01)   | GO 1 F 1/48  |   |
| GO 1 F 1/42 (2006.01)   | GO 1 F 1/42  | Z |
| EO 1 C 11/26 (2006.01)  | EO 1 C 11/26 | B |
| 請求項の数 1 (全 12 頁) 最終頁に続く |              |   |

(21) 出願番号 特願2004-152752 (P2004-152752)  
 (22) 出願日 平成16年5月24日(2004.5.24)  
 (65) 公開番号 特開2005-337717 (P2005-337717A)  
 (43) 公開日 平成17年12月8日(2005.12.8)  
 審査請求日 平成16年5月24日(2004.5.24)

特許法第30条第1項適用 平成15年11月26日  
 社団法人土木学会関東支部新潟会発行の「第21回 土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集」に発表

(73) 特許権者 304021288  
 国立大学法人長岡技術科学大学  
 新潟県長岡市上富岡町1603-1  
 (74) 代理人 100105108  
 弁理士 大川 洋一  
 (72) 発明者 福嶋 祐介  
 新潟県新潟市大形本町2-3-29

審査官 森口 正治

(56) 参考文献 特開昭61-108314 (JP, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)  
 GO 1 F 1/00-9/02

(54) 【発明の名称】 地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地下水を揚水ポンプで汲み上げ消雪パイプに流し散水地点に設けられたノズルから散水することにより消雪を行う地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量変化を検出する装置であって、

前記揚水パイプの直下流に取り付けられた圧力センサーと、

前記圧力センサーが測定した消雪パイプ内の水圧値  $P_0$  に基づき計算を行うコンピュータを備え、

前記コンピュータは、水の密度を  $\rho$  とし、重力加速度を  $g$  とし、圧力センサーとノズル位置の高度差を  $H$  とし、消雪パイプの断面積を  $A_0$  とし、消雪パイプ本管部の摩擦損失係数を  $f$  とし、消雪パイプの全長を  $L$  とし、消雪パイプの直径を  $d$  とし、散水地点の箇所数を  $N$  とし、ノズルでのエネルギー損失係数を  $c_0$  とし、各散水地点でのノズル個数を等しく  $n_0$  とし、各散水地点でのノズルの断面積を等しく  $a_0$  としたとき、揚水量  $Q_0$  を下式

【数 1】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H)2gA_0^2}{f\left(\frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d}\right) - 1 + \frac{c_0}{n_0 N} \left(\frac{A_0}{a_0}\right)^2} \right\}^{1/2}$$

により計算すること

を特徴とする地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量を検出する装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、地下水を揚水ポンプで汲み上げ消雪パイプに流し散水地点に設けられたノズルから散水することにより消雪を行う地下水節水型消雪パイプシステムが提案されている（特許文献1参照）。この地下水節水型消雪パイプシステムにおいては、揚水ポンプの揚水量を測定し制御する必要があった。しかし、揚水量を測定するためには流量計を用いるが、従来の流量計は、高価である、という問題があった。

【特許文献1】特開平06-320129号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は上記の問題を解決するためになされたものであり、本発明の解決しようとする課題は、流量計を用いずに地下水節水型消雪パイプシステムの揚水ポンプの揚水量を検出し得る装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するため、本発明の請求項1に係る地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置は、

地下水を揚水ポンプで汲み上げ消雪パイプに流し散水地点に設けられたノズルから散水することにより消雪を行う地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量変化を検出する装置であって、

前記揚水パイプの直下流に取り付けられた圧力センサーと、

前記圧力センサーが測定した消雪パイプ内の水圧値  $P_0$  に基づき計算を行うコンピュータを備え、

前記コンピュータは、水の密度を  $\rho$  とし、重力加速度を  $g$  とし、圧力センサーとノズル位置の高度差を  $H$  とし、消雪パイプの断面積を  $A_0$  とし、消雪パイプ本管部の摩擦損失係数を  $f$  とし、消雪パイプの全長を  $L$  とし、消雪パイプの直径を  $d$  とし、散水地点の箇所数を  $N$  とし、ノズルでのエネルギー損失係数を  $c_0$  とし、各散水地点でのノズル個数を等しく  $n_0$  とし、各散水地点でのノズルの断面積を等しく  $a_0$  としたとき、揚水量  $Q_0$  を下式

10

20

30

40

【数2】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H)2gA_0^2}{f\left(\frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d}\right) - 1 + \frac{c_0}{n_0 N} \left(\frac{A_0}{a_0}\right)^2} \right\}^{1/2}$$

により計算すること  
を特徴とする。

10

【発明の効果】

【0005】

本発明に係る地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置によれば、地下水を揚水ポンプで汲み上げ消雪パイプに流し散水地点に設けられたノズルから散水することにより消雪を行う地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量変化を検出する装置であって、前記揚水パイプの直下流に取り付けられた圧力センサーと、前記圧力センサーが測定した消雪パイプ内の水圧値  $P_0$  に基づき計算を行うコンピュータを備え、前記コンピュータは、水の密度を  $\rho$  とし、重力加速度を  $g$  とし、圧力センサーとノズル位置の高度差を  $H$  とし、消雪パイプの断面積を  $A_0$  とし、消雪パイプ本管部の摩擦損失係数を  $f$  とし、消雪パイプの全長を  $L$  とし、消雪パイプの直径を  $d$  とし、散水地点の箇所数を  $N$  とし、ノズルでのエネルギー損失係数を  $c_0$  とし、各散水地点でのノズル個数を等しく  $n_0$  とし、各散水地点でのノズルの断面積を等しく  $a_0$  としたとき、揚水量  $Q_0$  を下式

20

【数3】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H)2gA_0^2}{f\left(\frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d}\right) - 1 + \frac{c_0}{n_0 N} \left(\frac{A_0}{a_0}\right)^2} \right\}^{1/2}$$

30

により計算するようにしたので、精度良く揚水量が検出でき、かつ高価な流量計が不要になる、という顕著な効果を有している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下に説明する実施例は、地下水を揚水ポンプで汲み上げ消雪パイプに流し散水地点に設けられたノズルから散水することにより消雪を行う地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量変化を検出する装置であって、前記揚水パイプの直下流に取り付けられた圧力センサーと、前記圧力センサーが測定した消雪パイプ内の水圧値  $P_0$  に基づき計算を行うコンピュータを備え、前記コンピュータは、水の密度を  $\rho$  とし、重力加速度を  $g$  とし、圧力センサーとノズル位置の高度差を  $H$  とし、消雪パイプの断面積を  $A_0$  とし、消雪パイプ本管部の摩擦損失係数を  $f$  とし、消雪パイプの全長を  $L$  とし、消雪パイプの直径を  $d$  とし、散水地点の箇所数を  $N$  とし、ノズルでのエネルギー損失係数を  $c_0$  とし、各散水地点でのノズル個数を等しく  $n_0$  とし、各散水地点でのノズルの断面積を等しく  $a_0$  としたとき、揚水量  $Q_0$  を下式

40

【数 4】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H)2gA_0^2}{f\left(\frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d}\right) - 1 + \frac{c_o}{n_o N} \left(\frac{A_0}{a_o}\right)^2} \right\}^{1/2}$$

により計算するようにしたものであり、精度良く揚水量が検出でき、本発明を実現するための構成として最良の形態である。 10

【実施例 1】

【0007】

以下、本発明の第 1 実施例について、図面を参照しながら説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施例である地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置の構成を示す図である。

【0008】

図 1 に示すように、地下水節水型消雪パイプシステム 10 は、揚水ポンプ 11 と消雪パイプ揚水管部 12 A 及び消雪パイプ本管部 12 B を有している。揚水ポンプ 11 は、井戸（図示せず）から水を揚水する。また、消雪パイプ揚水管部 12 A は、揚水ポンプ 11 からの水を消雪パイプ本管部 12 B に供給する。また、散水地点に当たる消雪パイプ本管部 12 B の箇所にはそれぞれノズル 13 n 1 ~ 13 n N が設けられており、このノズルから散水され消雪が行われる。 20

【0009】

また、揚水量検出装置 20 は、圧力センサー 21 とコンピュータ 22 を有している。圧力センサー 21 は、揚水パイプ 11 の直下流に取り付けられており、消雪パイプ揚水管部 12 A 内の水圧値  $P_0$  を測定し、コンピュータ 22 に出力する。コンピュータ 22 は、圧力センサー 21 が測定した消雪パイプ揚水管部 12 A 内の水圧値  $P_0$  に基づき、揚水ポンプ 11 が揚水する揚水量  $Q_0$  を計算する。この揚水量の  $Q_0$  の値は、地下水節水型消雪パイプシステムを制御するコンピュータ（図示せず）に送られ、制御に用いられる。 30

【0010】

コンピュータ 22 は、図示はしていないが、CPU と、ROM と、RAM と、入出力インタフェースなどを有している。

【0011】

これらの構成要素のうち、CPU（Central Processing Unit：中央演算処理装置）は、各種演算、あるいはこの法令等規則類文章表現検討システム 101 全体の制御を行う部分であり、CPU の内部での電流（信号）の授受を行うための信号線である内部バス（図示せず）を有しており、この内部バスに、演算部（図示せず）と、レジスタ（図示せず）と、クロック生成部（図示せず）と、命令処理部（図示せず）等が接続されている。 40

【0012】

CPU 内の演算部は、レジスタに記憶されている各種データに対して、四則演算（加算、減算、乗算、及び除算）を行い、又は論理演算（論理積、論理和、否定、排他的論理和など）を行い、又はデータ比較、若しくはデータシフトなどの処理を実行する部分である。処理の結果は、レジスタ等に格納される。クロック生成部は、CPU の各部分の時間の同期をとるための刻時信号（クロック信号）を生成する。CPU は、このクロック信号に基づいて動作する。命令処理部は、演算部等が実行すべき命令の取り出し、その解釈、及びその実行などを制御し処理する。また、CPU は、クロック信号をもとに、送られてくるデータ又は演算した結果とその時刻をリアルタイムで検出し、RAM 等に一時記憶させる。 50

## 【 0 0 1 3 】

ROM (Read Only Memory : 読出し専用メモリ) は、CPU を制御するための制御プログラムや、CPU が用いる各種データ等を格納している。ROM としては、半導体チップにより構成される半導体メモリ、ハードディスク装置などが用いられる。CPU の制御プログラムには、OS (Operating System) 等の CPU の基本ソフトウェアのほか、各種の処理や分析演算等を CPU に実行させるための命令等の処理手順が含まれる。

## 【 0 0 1 4 】

また、RAM (Random Access Memory : 随時書込み読出しメモリ) は、CPU により演算された途中のデータ等の情報を一時記憶する。RAM は、例えば半導体チップ等により構成される。

10

## 【 0 0 1 5 】

CPU によって生成されたデジタル電気信号、又は CPU へ入力されるデジタル電気信号は、入出力インタフェースを経て外部と授受される。入出力インタフェース 13 内には、デジタル信号とアナログ信号の変換系である A/D コンバータ、D/A コンバータ等 (図示せず) が設けられている。

## 【 0 0 1 6 】

上記した CPU の制御あるいは処理は、ROM 及び RAM と共同しながら実行するソフトウェア・プログラムによって実現される。

## 【 0 0 1 7 】

次に、この揚水量検出装置 20 における揚水量  $Q_0$  の計算方法を説明する。

20

## 【 0 0 1 8 】

コンピュータ 22 は、圧力センサー 21 が測定した消雪パイプ揚水管部 12 A 内の水圧値  $P_0$  から、揚水量  $Q_0$  を、下式 (1)

## 【 数 5 】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H) 2g A_0^2}{f \left( \frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d} \right) - 1 + \frac{c_0}{n_0 N} \left( \frac{A_0}{a_0} \right)^2} \right\}^{1/2} \text{-----} (1)$$

30

により計算する。

## 【 0 0 1 9 】

上式 (1) において、 $\rho$ 、 $g$ 、 $H$ 、 $A_0$ 、 $L$ 、 $d$ 、 $N$ 、 $n_0$ 、 $a_0$  は既知の値であり、 $\rho$  は水の密度を、 $g$  は重力加速度を、 $H$  は圧力センサーとノズル位置の高度差を、 $A_0$  は消雪パイプの断面積を、 $f$  は消雪パイプ本管部の摩擦損失係数を、 $L$  は消雪パイプの全長を、 $d$  は消雪パイプの直径を、 $N$  は散水地点の箇所数を、 $c_0$  はノズルでのエネルギー損失係数を、 $n_0$  は各散水地点でのノズル个数 (すべて等しい同一値) を、 $a_0$  は各散水地点でのノズルの断面積 (すべて等しい同一値) を、それぞれ示している。エネルギー損失係数  $c_0$  を流量と圧力の実測値から求める式は式 (18) に示す。また、消雪パイプ本管部の摩擦損失係数  $f$  を求める式は式 (19) に示す。

40

## 【 0 0 2 0 】

以下に、上式 (1) の原理を説明し、上式 (1) を導く。

## 【 0 0 2 1 】

図 1 の消雪パイプにおいて、消雪パイプ本管部 12 B の全長を  $L$  とする。また、消雪パイプ本管部 12 B には、 $N$  箇所の散水地点があり、 $i$  番目の散水地点には、 $n_i$  個のノズルがあるものとする。 $i$  地点では、基準面からの高さが  $z_i$  で、消雪パイプの断面積は  $A_i$

50

で、この断面での平均流速が  $U_i$  で、圧力（水圧値）が  $P_i$  となっており、  $n_i$  個のノズルからの流出量の和が  $q_i$  となっているものとする。

【 0 0 2 2 】

ここで、  $i$  番目の散水地点と  $(i + 1)$  番目の散水地点に対して、摩擦損失水頭  $h_{li}$ 、ノズルからの流出に伴うエネルギー損失  $\Delta_i$  を考慮する。流れを定常と仮定し、一次元のベルヌイの式を考慮すると、下式（ 2 ）のようになる。ただし、管路の曲がりなどによる損失は全て無視することとする。

【 数 6 】

$$\frac{P_i}{\rho g} + z_i + \frac{\alpha_i U_i^2}{2g} = \frac{P_{i+1}}{\rho g} + z_{i+1} + \frac{\alpha_{i+1} U_{i+1}^2}{2g} + h_{li} + \Delta_i \quad \text{----- ( 2 )}$$

10

【 0 0 2 3 】

上式（ 2 ）において、  $\rho$  は水の密度、  $g$  は重力加速度、  $\alpha_i$  はエネルギー補正係数である。  $i$  番目の散水地点と  $(i + 1)$  番目の散水地点の間を流れる消雪パイプ本管部 1 2 B の流量を  $Q_i$  とすると、連続の式は下式（ 3 ）のようになる。

20

$$Q_{i+1} = Q_i - q_i \quad \text{----- ( 3 )}$$

【 0 0 2 4 】

$i$  番目の散水地点での消雪パイプ本管部 1 2 B の管の直径を  $d_i$  とし、ノズルの断面積を  $a_i$  とすると、摩擦損失水頭  $h_{li}$  は下式（ 4 ）のように表され、ノズルからの流出に伴うエネルギー損失  $\Delta_i$  は下式（ 5 ）のように表される。

【 数 7 】

$$h_{li} = f_i \frac{l_i}{d_i} \frac{U_i^2}{2g} \quad \text{----- ( 4 )}$$

30

【 0 0 2 5 】

【 数 8 】

$$\Delta_i = n_i c_{oi} \frac{1}{2g} \left( \frac{q_i}{a_i} \right)^2 \quad \text{----- ( 5 )}$$

40

【 0 0 2 6 】

上式（ 4 ）において、  $f_i$  は消雪パイプ本管部 1 2 B の摩擦損失係数を、  $l_i$  は  $i$  地点と  $(i + 1)$  地点との距離を、それぞれ示している。また、上式（ 5 ）において、  $n_i$  は  $i$  地点でのノズルの個数を、  $c_{oi}$  はノズルからの流出に伴う係数である。上式（ 5 ）では、ノズルからの流出速度  $u_i$  を  $u_i = q_i / a_i$  としている。

【 0 0 2 7 】

また、消雪パイプ本管部 1 2 B での断面平均流速  $U_i$  は、流量  $Q_i$  と、管の断面積  $A_i$  を

50

用いて、下式(6)のように表される。

$$U_i = Q_i / A_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

【0028】

消雪パイプシステムの揚水量  $Q_0$  を求めるという観点からは、解を厳密に求める必要はない。また、上式(2)、(3)は厳密な流体力学の方程式ではない。また流量計の代替として用いるためには、リアルタイムで流量を求める必要がある。ここでは、以下の仮定のもとに揚水量  $Q_0$  を簡易な方法で求める。

【0029】

ここで、以下のような仮定をおく。

10

【0030】

(i) 消雪パイプ本管部 1 2 B は、水平に設置されているものとする。この仮定から、

$$z_i = 0 \text{ および } z_0 = -H$$

としてよい。ここで、 $H$  は、圧力センサー 2 1 のノズルの位置の高度差である。

【0031】

(ii) 消雪パイプ 1 2 A、1 2 B の直径は一定で  $d$  で表される。すなわち、 $d_i = d$  となる。また、消雪パイプ本管部の断面積も一定となり  $A_0$  で表され、 $A_i = A_0 = d^2 / 4$  である。

20

【0032】

(iii) 散水地点の間隔は一定であり  $l$  で表され、 $l_i = l = L / (N - 1)$  とする。

【0033】

(iv) 消雪パイプ本管部の摩擦係数  $f_i$ 、 $i$  地点でのノズルの個数  $n_i$ 、ノズルでのエネルギー損失係数  $c_{0i}$  は一定であり、それぞれ、 $f_i = f$ 、 $n_i = n_0$ 、 $c_{0i} = c_0$  で表される。

【0034】

(v) ノズルの形状が、直径が  $d_1$  の円形状をなしているものとし、すべてのノズルからの散水量は一定であるものとする。 $i$  地点での流出量(散水量となる)の和を  $q$  とすると、ノズルの断面積  $a_i$  は一定であり  $a_0$  で表され、 $a_i = a_0 = d_1^2 / 4$  である。また、 $q_i$  は一定であり  $q$  で表され、 $q_i = q = Q_0 / N$  である。

30

【0035】

以上の仮定のもとで、上式(2)から上式(6)は、次のように書くことができる。

【0036】

上式(2)は、下式(7)のように書くことができる。

【数9】

$$\frac{P_i}{\rho g} - \frac{P_{i+1}}{\rho g} = \frac{1}{2g} (U_{i+1}^2 - U_i^2) + h_{\ell i} + \Delta_i \quad \dots\dots\dots (7)$$

40

【0037】

上式(3)は、下式(8)のように書くことができる。

$$Q_{i+1} = Q_i - q \quad \dots\dots\dots (8)$$

【0038】

50

上式(4)は、下式(9)のように書くことができる。

【数10】

$$h_{\ell i} = f \frac{\ell}{d} \frac{U_i^2}{2g} \quad \text{-----}(9)$$

【0039】

10

上式(5)は、下式(10)のように書くことができる。

【数11】

$$\Delta_i = n_o c_o \frac{1}{2g} \left( \frac{q}{a_o} \right)^2 \quad \text{-----}(10)$$

【0040】

20

上式(6)は、下式(11)のように書くことができる。

$$U_i = Q_i / A_0 \quad \text{-----}(11)$$

【0041】

上式(7)を  $i = 1$  から  $i = N - 1$  まで足し合わせると、下式(12)のようになる。

【数12】

$$\frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_N}{\rho g} + \frac{1}{2g} (U_1^2 - U_N^2) = \sum_{i=1}^{N-1} h_{\ell i} + \sum_{i=1}^{N-1} \Delta_i \quad \text{-----}(12) \quad 30$$

【0042】

ここで、 $i$  地点での平均流速  $U_i$  は、

$$U_i = Q_i / A_0 = U_0 (1 - i / N)$$

となる。ここで、 $U_0$  は、消雪パイプの流入部の平均流速であり、 $U_0 = Q_0 / A_0$  である。

【0043】

このとき、上式(12)の右辺第1項は、下式(13)のようになる。

40



【数 1 3】

$$\sum_{i=1}^{N-1} h_{\ell i} = \sum_{i=1}^{N-1} \left\{ f \frac{\ell}{d} \frac{1}{2g} U_0^2 \left(1 - \frac{i}{N}\right)^2 \right\} = f \frac{L}{d} \frac{U_0^2}{2g} \frac{(2N-1)}{6N} \quad \text{---- (13)}$$

10

【0 0 4 4】

上式(5)より、ノズルからの流出に伴う損失の総和(右辺第2項)は、下式(14)のようになる。

【数 1 4】

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{N-1} \Delta_i &= \sum_{i=1}^{N-1} n_o c_o \frac{1}{2g} \left( \frac{Q_0}{n_o N a_o} \right)^2 \\ &= c_o \frac{1}{2g n_o} \left( \frac{Q_0}{A_0} \right)^2 \left( \frac{A_0}{a_o} \right)^2 \frac{N-1}{N^2} \quad \text{----- (14)} \end{aligned}$$

20

【0 0 4 5】

消雪パイプの始端では、下式(15)が成立する。

【数 1 5】

$$\frac{P_0}{\rho g} - H + \frac{U_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} + f \frac{H}{d} \frac{U_0^2}{2g} \quad \text{----- (15)}$$

30

【0 0 4 6】

また、消雪パイプの終端では、下式(16)が成立する。

【数 1 6】

$$\frac{P_N}{\rho g} = c_o \frac{n_o}{2g} \left( \frac{Q_0}{n_o a_o N} \right)^2 = c_o \frac{U_0^2}{2g} \left( \frac{A_0}{a_o} \right)^2 \frac{1}{n_o N^2} \quad \text{----- (16)}$$

40

【0 0 4 7】

式(13)、(14)、(15)、(16)を式(12)に代入し、 $P_1$ 、 $P_N$ を消去し、揚水量 $Q_0$ について解くと、下式(17)を得る。式(17)は、上式(1)に等しい

50

【数 17】

$$Q_0 = \left\{ \frac{(\frac{P_0}{\rho g} - H)2gA_0^2}{f \left( \frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d} \right) - 1 + \frac{c_0}{n_0 N} \left( \frac{A_0}{a_0} \right)^2} \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(17)$$

10

【0048】

なお、上式(17)において、ノズルからの流出に伴う損失係数  $c_0$  は、よく分かっていない。そこで、この損失係数  $c_0$  については、実測結果から算定する。損失係数  $c_0$  を求める式は、下式(18)のようになる。

【数 18】

$$c_0 = \left( \frac{a_0}{A_0} \right)^2 n_0 N \left\{ \left( \frac{P_0}{\rho g} - H \right) / \frac{U_0^2}{2g} - f \left( \frac{L}{d} \frac{2N-1}{6N} + \frac{H}{d} \right) + 1 \right\} \dots\dots\dots(18)$$

20

この  $c_0$  の値は消雪ノズルでのエネルギー損失に関係するので、ノズル個数  $n_0$  やノズルの形状によって変化するものと考えられる。このことで様々なタイプの消雪パイプに対応できる点が本方法の利点である。

30

【0049】

また、消雪パイプ本管部 12B の摩擦損失係数については対数則を用い、実験結果によって係数を求めた下式(19)を用いる。

【数 19】

$$f = 1 / \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}\kappa} \ln \frac{d}{2k_s} + 1.74 \right\}^2 \dots\dots\dots(19)$$

40

ここで、 $\kappa (= 0.4)$  はカルマン定数、 $k_s$  は消雪パイプ本管部の壁面粗度高さであ

50

る。

【 0 0 5 0 】

なお、本発明は、上記実施例に限定されるものではない。上記実施例は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 5 1 】

本発明は、消雪パイプシステムを製造する製造業等で実施可能であり、これらの産業で利用可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 2 】

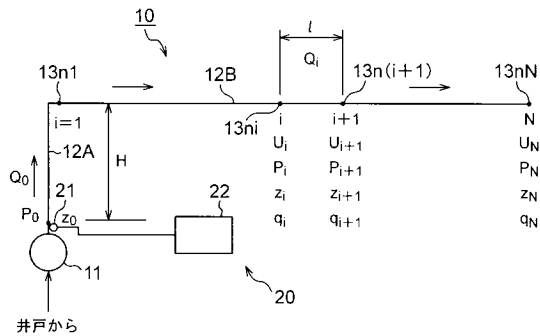
【 図 1 】 本発明の第 1 実施例である地下水節水型消雪パイプシステムの揚水量検出装置の構成を示す図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 3 】

- 1 0 地下水節水型消雪パイプシステム
- 1 1 揚水ポンプ
- 1 2 A 消雪パイプ揚水管部
- 1 2 B 消雪パイプ本管部
- 1 3 n1 ~ 1 3 nN ノズル
- 2 0 揚水量検出装置
- 2 1 圧力センサー
- 2 2 コンピュータ

【 図 1 】



10

20

フロントページの続き

(51) Int.Cl.

**E 0 1 H 3/04 (2006.01)**

F I

E 0 1 H 3/04 Z