

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-348570

(P2006-348570A)

(43) 公開日 平成18年12月28日(2006.12.28)

|                                |                       |             |
|--------------------------------|-----------------------|-------------|
| (51) Int. Cl.                  | F I                   | テーマコード (参考) |
| <b>E O 4 G</b> 21/02 (2006.01) | E O 4 G 21/02 1 O 3 Z | 2 E 1 7 2   |
| <b>G O 1 N</b> 27/00 (2006.01) | E O 4 G 21/02 E S W   | 2 F O 7 3   |
| <b>G O 8 C</b> 17/00 (2006.01) | G O 1 N 27/00 Z       | 2 G O 6 0   |
|                                | G O 8 C 17/00 Z       |             |

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2005-175468 (P2005-175468)  
 (22) 出願日 平成17年6月15日 (2005.6.15)

(71) 出願人 000000240  
 太平洋セメント株式会社  
 東京都中央区明石町8番1号  
 (71) 出願人 000000295  
 沖電気工業株式会社  
 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号  
 (71) 出願人 391006773  
 株式会社沖電気コミュニケーションシステムズ  
 埼玉県所沢市上山口1番地  
 (74) 代理人 100114258  
 弁理士 福地 武雄  
 (74) 代理人 100125391  
 弁理士 白川 洋一

最終頁に続く

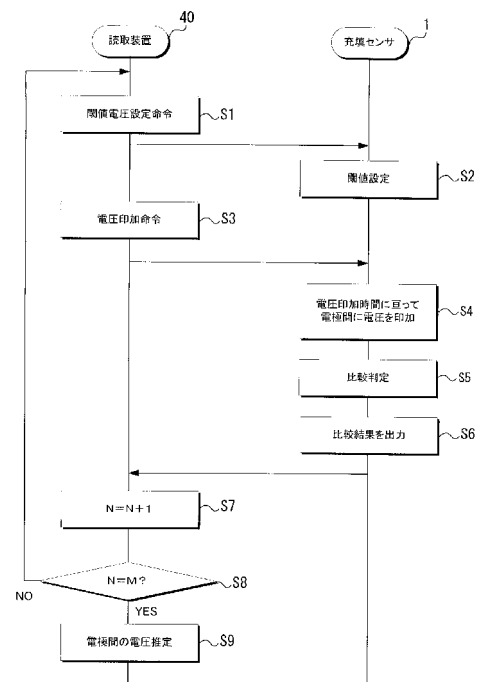
(54) 【発明の名称】 充填検出方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 土木施工あるいは建築施工におけるコンクリートやグラウト等の流動体の型枠やシース管等の充填対象空間への充填状況を省電力で検出する。

【解決手段】 電極間に抵抗素子が挿入された一対の電極に予め定められた一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加するステップと、電圧印加時間が経過した時の電極間の電圧を検出するステップと、検出した検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較し、その比較結果を出力するステップと、各ステップを複数回実行した後、電極間の電圧を決定するステップと、決定した電圧が、流動体の種類に応じて予め定められた複数の電圧の数値範囲のうち、いずれの数値範囲に含まれるかを判定するステップと、を少なくとも含み、特定した電圧が含まれる数値範囲に対応する流動体の種類を特定することにより、流動体が充填対象空間に充填された状況を検出する。

【選択図】 図8



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を、読取装置と無線通信を行なう充填センサを用いて検出する充填検出方法であって、

前記充填センサに閾値電圧を設定するステップ 1 と、

電極間に抵抗素子が挿入された前記充填センサの一对の電極に対し、予め設定された一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加するステップ 2 と、

前記電圧印加時間が経過した時の前記電極間の電圧を検出するステップ 3 と、

前記検出した検出電圧と、前記ステップ 1 において設定した閾値電圧とを比較し、その比較結果を出力するステップ 4 と、

前記ステップ 1 からステップ 4 までの各ステップを複数回実行した後、前記電極間の電圧を推定するステップ 5 と、

前記推定した電圧が、前記流動体の充填状況に応じて予め定められた複数の電圧範囲のうち、いずれの電圧範囲に含まれるかを判定するステップ 6 と、を少なくとも含み、

前記推定した電圧が含まれる電圧範囲に対応する流動体の充填状況を特定することにより、前記流動体の前記充填対象空間への充填状況を検出することを特徴とする充填検出方法。

10

## 【請求項 2】

2 回目以降の前記ステップ 1 では、再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および前記検出電圧の結果に基づいて閾値電圧を再設定し、

前記再設定後の閾値電圧に基づいて前記ステップ 2 からステップ 4 までの各ステップを実行することを特徴とする請求項 1 記載の充填検出方法。

20

## 【請求項 3】

2 回目以降の前記ステップ 2 では、前記電圧印加時間を、前回の電圧印加時間とは異なる電圧印加時間に変更し、前記一对の電極に対し、前記変更後の一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加し、

前記変更後の一定の電圧印加時間に基づいて前記ステップ 3 およびステップ 4 の各ステップを実行することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の充填検出方法。

## 【請求項 4】

読取装置が備えているコンピュータにロードされることによって、前記読取装置が充填センサと無線通信を行ない、土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を検出するプログラムであって、

前記充填センサの比較回路に対して、閾値電圧を設定する処理 A と、

前記充填センサの電圧印加回路に対して、電極間に抵抗素子が挿入された前記充填センサの一对の電極に対し、予め設定された一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加させる処理 B と、

前記充填センサの電圧検出回路に対して、前記電圧印加時間が経過した時の前記電極間の電圧を検出させる処理 C と、

前記充填センサの比較回路に対して、前記検出した検出電圧と、前記処理 A において設定した閾値電圧とを比較して、その比較結果を前記読取装置に対して出力させる処理 D と

30

40

、  
前記処理 A から処理 D までの各処理を複数回実行した後、前記読取装置が備えている判定回路に対して、前記電極間の電圧を推定し、前記推定した電圧が、前記流動体の充填状況に応じて予め定められた複数の電圧範囲のうち、いずれの電圧範囲に含まれるかを判定し、前記推定した電圧が含まれる範囲に対応する流動体の充填状況を特定することにより、前記流動体の前記充填対象空間への充填状況を検出させる処理 E と、を含む一連の処理をコンピュータが実行し得る命令群として構成したことを特徴とするプログラム。

## 【請求項 5】

2 回目以降の前記処理 A は、前記比較回路に対して再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および前記検出電圧の結果に基づいて、閾値電圧を再設定し、

50

前記再設定後の閾値電圧に基づいて前記処理 B から処理 D までの各処理を実行することを特徴とする請求項 4 記載のプログラム。

【請求項 6】

2 回目以降の前記処理 B は、前記電圧印加回路における前記電圧印加時間を、前回の電圧印加時間とは異なる電圧印加時間に変更し、前記一对の電極に対し、前記変更後の一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加し、

前記変更後の一定の電圧印加時間に基づいて前記処理 C および処理 D の各処理を実行することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を検出する充填検出方法および充填検出に用いるコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、コンクリート構造物を構築する際、型枠で囲まれた閉塞空間内にフレッシュコンクリート等の流動体を打設している。このとき、閉塞空間の形状とフレッシュコンクリートの流動性、施工の仕方等によって、閉塞空間内の隅々にまでフレッシュコンクリートを充填することができずに、フレッシュコンクリートの硬化後、型枠をはずしたときに初めて打設が不十分であったことが明らかとなる場合がある。このような場合には、当該フレッシュコンクリートが到達しなかった部分に、硬化後に改めてフレッシュコンクリートを打ち足すこととなるが、硬化後のコンクリートに対して新たにフレッシュコンクリートを打設した場合には、これらが一体化せず、新たに打ち足した部分の剥離等を生じることとなる。従って、型枠内にフレッシュコンクリートを打設する際には、型枠内の隅々までフレッシュコンクリートが行き渡っているか否かを、当該フレッシュコンクリートが硬化する前に型枠を設置したまま調査することが必要である。このため、従来は、熟練者が木槌等で型枠を打ち、その打撃音によって経験と勘に基づいて判断することが行われていた。しかしながら、従来の熟練者による経験と勘に基づいた打設確認方法では、確認者による差が大きく、また、充填されていると判断されても実際は充填されていない場合があり得るという問題点があった。

20

30

【0003】

最近では、各種充填センサを用いて電気的特性を測定し、充填状況を確認する手法が検討されており、特許文献 1 では、1 本の電極と 1 対の熱電対からなるセンサを利用して、電気抵抗と温度を測定することによりセメント混練物の充填状況を確認する技術が提案されている。

【0004】

また、プレストレストコンクリートは、高張力に耐えうる鋼材を用いて、コンクリートに圧縮応力を与え、従来の鉄筋コンクリートと比べて著しく曲げ耐力を向上させたもので、橋梁、建築構造物、各種タンク、防災設備などに利用されている。

【0005】

40

プレストレストコンクリートを製造する方法としては、あらかじめ鋼材に緊張力を与えてコンクリートを打設し、コンクリートが硬化した後に緊張を解いてコンクリートに圧縮応力を導入するプレテンション方式と、シース管と呼ばれるパイプ状の鞘管を配置した後にコンクリートを打設し、コンクリートの硬化後にシース管内に通された鋼材を緊張してコンクリートに圧縮応力を導入するポストテンション方式がある。

【0006】

ポストテンション方式のプレストレストコンクリートでは、鋼材とコンクリートとの一体化を図る目的、および鋼材が腐食等により損傷することを防ぐ目的でシース管内にグラウト材が充填される。しかし、シース管内にグラウト材の未充填部があると、水や酸素、さらには海岸付近の構造物に対するケースや凍結防止剤を使用するケースでは塩化物イオ

50

ンが進入し、長い期間に鋼材が腐食することがあり、プレストレストコンクリートの耐荷性能は大きく低下する。したがって、この工法においてはシース管内全体にグラウト材を行き渡らせる必要がある。

#### 【0007】

従来から、グラウト材の充填を確認する手法として、グラウト材の注入口と逆側に設置されている空気排出口からのグラウト材の排出を直接確認する方法や、シース管内の空隙率から推定される空隙量と実際に注入されるグラウト材の量の対比から充填率を推定する方法、さらには点検用の孔を設け充填を目視確認する方法等がある。そのうち、非破壊検査による方法としては、弾性波を入射させるとともに反射波を受信して検出する方法、X線透過法によってグラウト材の未充填部を検出する方法、超音波を入力して反射波を検出する方法、中性子線の吸収を検出する方法等がある（たとえば、特許文献2、特許文献3）。

#### 【0008】

センサを用いた方法としては、コンクリートの外部まで伸びた導電コードを接続したセンサを埋め込んでグラウト材の充填を確認する方法がある（たとえば、特許文献4）。また、通信技術を用いてコードレスで、センサが感知した情報を外部で読み取る方法もある（たとえば、特許文献5、特許文献6）。この方法は、コンクリート構造物の内部情報を内部に埋め込んだセンサで感知し、感知された情報を無線通信により読取装置で読み取り、内部状態を計測する方法である。

【特許文献1】特許2995459号公報

【特許文献2】特開平10-54140号公報

【特許文献3】特開2001-241187号公報

【特許文献4】特開平10-231520号公報

【特許文献5】特開2001-201373号公報

【特許文献6】特開2003-107030号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0009】

しかしながら、弾性波や超音波、またはX線や中性子線を用いてコンクリート内部を検出する方法では、いずれも精度が低くグラウト材の充填または未充填の判定が難しい。また、これらの方法は煩雑である。

#### 【0010】

また、内部に埋設されたセンサから導電コードをコンクリートの外部まで伸ばす方法では、導電コードまたは導電コードとコンクリートの接触面が酸素、水または塩化物イオンのような鋼材の腐食因子の通り道になる可能性がある。特に長期間にわたりコンクリート構造物が使用されるとコンクリートの耐久性に大きな差が生じうる。100年を越えるような長期間におけるコンクリートの耐久性を考えた場合、積極的に採用されるべきものではない。

#### 【0011】

また、コンクリート構造物の内部状態を無線手段により読取装置で計測する方法が知られているが、プレストレスコンクリート構造物のグラウト施工についてシース管へのグラウト材の充填を検出する具体的な方法は提案されていない。

#### 【0012】

また、コンクリートやグラウトなどの流動体に電極を挿入し電極間に電圧を印加した後の電極間電圧値の変化から、この流動体の型枠やシース管への充填状況を判別しようとした場合、電極間への電圧印加時間の増加に伴い徐々に電極間電圧値は増大することや、電極に電圧を印加した場合には、コンクリート、グラウト、水に電気が蓄積されるため、電圧印加を繰り返し行う毎に電極間電圧値は、徐々に増加していくため安定した電圧値をえることができないことが確認された。前者の現象は、コンクリート、グラウト、水などは各種イオンを多少に関わらず含んでおり、これらイオンの存在により電極への電圧印加時

に電極表面に静電 2 重層が形成され、この静電 2 重層の影響により、電圧印加時間に対して電極間電圧値が徐々に増加することが原因として生じるものである。また、後者の現象は、電極間に流れた電流がコンクリート、グラウト、水などに蓄電されることが原因として生じるものである。

#### 【0013】

さらに、プレストレストコンクリート構造物でのグラウト施工におけるグラウトの充填検知においては、コンクリートにアンテナと共にセンサを埋め込んだ場合、コンクリート自体が電波を吸収するために満足な通信感度が得られないといった問題がある。また、内部状態を検知する検知部をコンクリート内部に置き、発信アンテナのみをコンクリート表面に設置した場合、検知部とアンテナは導電コードを使用する必要があるが、鋼材の腐食因子が導電コードを伝ってコンクリート内部へと侵入する可能性があり、コンクリートの耐久性を損ねるといった問題があった。

10

#### 【0014】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、上記問題点を解決し、土木施工あるいは建築施工におけるコンクリートやグラウト等の流動体の型枠やシース管等の充填対象空間への充填状況が無線通信によりコンクリートの耐久性を損ねることがなく精度良く検出することができる充填検出方法およびプログラムを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0015】

(1) 上記の目的を達成するため、本発明は、以下のような手段を講じた。すなわち、本発明に係る充填検出方法は、土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を、読取装置と無線通信を行なう充填センサを用いて検出する充填検出方法であって、前記充填センサに閾値電圧を設定するステップ 1 と、電極間に抵抗素子が挿入された前記充填センサの一对の電極に対し、予め設定された一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加するステップ 2 と、前記電圧印加時間が経過した時の前記電極間の電圧を検出するステップ 3 と、前記検出した検出電圧と、前記ステップ 1 において設定した閾値電圧とを比較し、その比較結果を出力するステップ 4 と、前記ステップ 1 からステップ 4 までの各ステップを複数回実行した後、前記電極間の電圧を推定するステップ 5 と、前記推定した電圧が、前記流動体の充填状況に応じて予め定められた複数の電圧範囲のうち、いずれの電圧範囲に含まれるかを判定するステップ 6 と、を少なくとも含み、前記推定した電圧が含まれる電圧範囲に対応する流動体の充填状況を特定することにより、前記流動体の前記充填対象空間への充填状況を検出することを特徴としている。

20

30

#### 【0016】

このように、電極間に抵抗素子が挿入された一对の電極に電圧を印加するので、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。すなわち、電極間に電圧を印加すると、電極に接触している流動体、すなわち充填対象空間に充填されている流動体に電荷が蓄積し、検出結果に影響を与えてしまうので、電極間に抵抗素子を挿入することによって、抵抗素子において測定対象物（流動体）に蓄積した電荷がジュール熱として消費され、電荷を取り除くことが可能となる。その結果、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。また、検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較するので、回路構成を簡略化させることができ、充填センサにおける消費電力を低く抑えることが可能となる。また、電極間に電圧を印加し、電極間の電圧を検出し、その検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較する動作を複数回行なうことによって、簡略化した回路構成であっても検出精度を高めることが可能となる。さらに、読取装置と充填センサとが無線通信をするため、従来のようにリード線を構造物の外部に引き出すことにより生じていた腐食因子の侵入が回避されるので、構造物の耐久性を向上させることが可能となる。

40

#### 【0017】

(2) また、本発明に係る充填検出方法において、2 回目以降の前記ステップ 1 では、再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および前記検出電圧の結果に基づいて閾値電圧を再設定し、前記再設定後の閾値電圧に基づいて前記ステップ 2 からステップ

50

4までの各ステップを実行することを特徴としている。

【0018】

このように、閾値電圧を初期設定した後、2回目以降のステップ1において、再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および検出電圧の結果に基づいて、閾値電圧を再設定するので、検出精度を高めることが可能となる。例えば、前回検出された検出電圧が前回設定した閾値電圧と比較した結果、前回設定した閾値電圧よりも大きい場合には、前回設定した閾値電圧よりも大きい値に再設定し、前回設定した閾値電圧よりも小さい場合には、前回設定した閾値電圧よりも小さい値に再設定することによって、検出回数を増やすたびに検出電圧が一定の電圧値に収束するようになる。これにより、検出電圧が実際の電圧値に近づくので、電極に接触している流動体がどのようなものであるかを特定することが可能となり、電極間の電圧を精度良く推定することができる。

10

【0019】

(3) また、本発明に係る充填検出方法において、2回目以降の前記ステップ2では、前記電圧印加時間を、前回の電圧印加時間とは異なる電圧印加時間に変更し、前記一對の電極に対し、前記変更後の一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加し、前記変更後の一定の電圧印加時間に基づいて前記ステップ3およびステップ4の各ステップを実行することを特徴としている。

【0020】

このように、電圧印加時間を変更するので、電極に接触している流動体に電荷が蓄積することによる影響を考慮した判定を行なうことが可能となる。例えば、電極に接触している流動体が空気である場合は、空気は絶縁に近いので電圧印加時間に関わらず、検出電圧は印加した電圧に非常に近い値をとる。電極に接触している流動体が充填すべきグラウトである場合は、水道水よりも導電性が高いため電圧印加時間に関わらず、検出電圧は水道水よりも相対的に常に低くなる。電極に接触している流動体が水道水である場合は、検出電圧は空気よりも相対的に低い値をとるが、グラウトよりも相対的に高い値をとる。なお、水道水とグラウトでは、多少に関わらず各種電解質を含むことから電極表面に静電2重層が形成されるため、電極への電圧印加時間が長いと次第に検出電圧が高くなっていく特性がある。このような特性から、電極に接触している流動体が何であるかを特定することが可能となる。

20

【0021】

(4) また、本発明に係るプログラムは、読取装置が備えているコンピュータにロードされることによって、前記読取装置が充填センサと無線通信を行ない、土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を検出するプログラムであって、前記充填センサの比較回路に対して、閾値電圧を設定する処理Aと、前記充填センサの電圧印加回路に対して、電極間に抵抗素子が挿入された前記充填センサの一對の電極に対し、予め設定された一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加させる処理Bと、前記充填センサの電圧検出回路に対して、前記電圧印加時間が経過した時の前記電極間の電圧を検出させる処理Cと、前記充填センサの比較回路に対して、前記検出した検出電圧と、前記処理Aにおいて設定した閾値電圧とを比較して、その比較結果を前記読取装置に対して出力させる処理Dと、前記処理Aから処理Dまでの各処理を複数回実行した後、前記読取装置が備えている判定回路に対して、前記電極間の電圧を推定し、前記推定した電圧が、前記流動体の充填状況に応じて予め定められた複数の電圧範囲のうち、いずれの電圧範囲に含まれるかを判定し、前記推定した電圧が含まれる範囲に対応する流動体の充填状況を特定することにより、前記流動体の前記充填対象空間への充填状況を検出させる処理Eと、を含む一連の処理をコンピュータが実行し得る命令群として構成したことを特徴としている。

30

40

【0022】

このように、電極間に抵抗素子が挿入された一對の電極に電圧を印加するので、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。すなわち、電極間に電圧を印加すると、電極に接触している流動体、すなわち充填対象空間に充填されている流動体に電荷が蓄

50

積し、検出結果に影響を与えてしまうので、電極間に抵抗素子を挿入することによって、抵抗素子において測定対象物（流動体）に蓄積した電荷がジュール熱として消費され、電荷を取り除くことが可能となる。その結果、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。また、検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較するので、回路構成を簡略化させることができ、充填センサにおける消費電力を低く抑えることが可能となる。また、電極間に電圧を印加し、電極間の電圧を検出し、その検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較する動作を複数回行なうことによって、簡略化した回路構成であっても検出精度を高めることが可能となる。さらに、読取装置と充填センサとが無線通信をするため、従来のようにリード線を構造物の外部に引き出すことにより生じていた腐食因子の侵入が回避されるので、構造物の耐久性を向上させることが可能となる。

10

#### 【0023】

（5）また、本発明に係るプログラムにおいて、2回目以降の前記処理Aは、前記比較回路に対して再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および前記検出電圧の結果に基づいて、閾値電圧を再設定し、前記再設定後の閾値電圧に基づいて前記処理Bから処理Dまでの各処理を実行することを特徴としている。

#### 【0024】

このように、閾値電圧を初期設定した後、2回目以降の処理Aにおいて、再び閾値電圧を設定する際に、前回設定した閾値電圧および検出電圧の結果に基づいて、閾値電圧を再設定するので、検出精度を高めることが可能となる。例えば、前回検出された検出電圧が前回設定した閾値電圧と比較した結果、前回設定した閾値電圧よりも大きい場合には、前回設定した閾値電圧よりも大きい値に再設定し、前回設定した閾値電圧よりも小さい場合には、前回設定した閾値電圧よりも小さい値に再設定することによって、検出回数を増やすたびに検出電圧が一定の電圧値に収束するようになる。これにより、検出電圧が実際の電圧値に近づくので、電極に接触している流動体がどのようなものであるかを特定することが可能となり、電極間の電圧を精度良く推定することができる。

20

#### 【0025】

（6）また、本発明に係るプログラムにおいて、2回目以降の前記処理Bは、前記電圧印加回路における前記電圧印加時間を、前回の電圧印加時間とは異なる電圧印加時間に変更し、前記一对の電極に対し、前記変更後の一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加し、

前記変更後の一定の電圧印加時間に基づいて前記処理Cおよび処理Dの各処理を実行することを特徴としている。

30

#### 【0026】

このように、電圧印加時間を変更するので、電極に接触している流動体に電荷が蓄積することによる影響を考慮した判定を行なうことが可能となる。例えば、電極に接触している流動体が空気である場合は、空気は絶縁に近いため電圧印加時間に関わらず、検出電圧は印加した電圧に非常に近い値をとる。電極に接触している流動体が充填すべきグラウトである場合は、水道水よりも導電性が高いため電圧印加時間に関わらず、検出電圧は水道水よりも相対的に常に低くなる。電極に接触している流動体が水道水である場合は、検出電圧は空気よりも相対的に低い値をとるが、グラウトよりも相対的に高い値をとる。なお、水道水とグラウトでは、多少に関わらず各種電解質を含むことから電極表面に静電2重層が形成されるため、電極への電圧印加時間が長いと次第に検出電圧が高くなっていく特性がある。このような特性から、電極に接触している流動体が何であるかを特定することが可能となる。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

本発明によれば、電極間に抵抗素子が挿入された一对の電極に電圧を印加するので、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。すなわち、電極間に電圧を印加すると、電極に接触している流動体、すなわち充填対象空間に充填されている流動体に電荷が蓄積し、検出結果に影響を与えてしまうので、電極間に抵抗素子を挿入することによって、抵抗素子において測定対象物（流動体）に蓄積した電荷がジュール熱として消費され

50

、電荷を取り除くことが可能となる。その結果、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。また、検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較するので、回路構成を簡略化させることができ、充填センサにおける消費電力を低く抑えることが可能となる。また、電極間に電圧を印加し、電極間の電圧を検出し、その検出電圧と、予め設定された閾値電圧とを比較する動作を複数回行なうことによって、簡略化した回路構成であっても検出精度を高めることが可能となる。さらに、読取装置と充填センサとが無線通信をするため、従来のようにリード線を構造物の外部に引き出すことにより生じていた腐食因子の侵入が回避されるので、構造物の耐久性を向上させることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

次に、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。図1は、本実施形態に係る充填センサの概略構成を示すブロック図である。充填センサ1では、一对の電極10a、10bが、充填対象空間の流動体と接触する。これらの電極10a、10bの間には、抵抗素子11が並列に設けられている。このように、電極10a、10bの間に抵抗素子11が挿入されているので、電気的特性を正確に検出することが可能となる。すなわち、電極10a、10b間に電圧を印加すると、電極に接触しているサンプル、すなわち充填対象空間に充填されている流動体に電荷が蓄積し、検出結果に影響を与えてしまうので、電極間に抵抗素子を挿入することによって、抵抗素子において測定対象物に蓄積した電荷がジュール熱として消費され、電荷を取り除くことが可能となる。その結果、電極間の電気的特性を正確に検出することが可能となる。ここで、抵抗素子11は、電極10a、10bと測定対象物と抵抗素子11とで形成される回路に対し測定対象物と並列に挿入されることから、測定対象物に蓄積した電荷をジュール熱として有効に消費するためには、その抵抗値が小さいものが好ましい。しかし、抵抗素子11の抵抗値が小さ過ぎるとコンクリートやグラウトの抵抗と差がなくなってしまう、空気、水、コンクリートやグラウトにおいてそれぞれ示される電極間電圧値との差が小さくなり、識別することが困難となる。一方、抵抗素子11の抵抗値が大き過ぎる場合には、測定対象物に蓄積した電荷をジュール熱として消費する時間が長くなり、正確に検出することができなくなる。そこで、例えば、水酸化カルシウム飽和水溶液の抵抗率が50～300Ωcm、水の抵抗率が2～25kΩcmであることを考慮すると、抵抗素子11の抵抗値の大きさとしては、1kΩ～1MΩであることが好ましい。

【0029】

インタフェース回路12は、電極10a、10bとRFID IC13とを接続する回路である。RFID IC13は、検出回路13aおよび無線通信回路13bを有している。検出回路13aは、電極10a、10bに対して電圧を印加し、電極10a、10b間の電気的特性を検出する。電気的特性としては、電極10a、10b間の電圧（電位差）、電気抵抗、インピーダンス、静電容量などがあり、これらを検出することが可能である。本実施形態では、電極10a、10b間の電圧を検出することとする。無線通信回路13bは、検出回路13aの検出結果を、アンテナ14を介して、読取装置に対して無線送信する。

【0030】

図2(a)および(b)は、電極の二次元的な形状を示す図であり、同図に示すように、電極10a、10bは、二次元的な凹凸部を有している。図2(a)では、矩形波状の凹凸部15を有する電極10a、10bが、相互に噛合するように配置され、リード線16がそれぞれに付加されている。また、図2(b)では、矩形波状の凹凸部17を有する電極10a、10bが、相互に対向するように配置され、リード線16がそれぞれに付加されている。電極の凹凸部の形状は、図示したような矩形波状のほか、鋸波状、千鳥状、螺旋状等の形状を取ることができる。電極の凹凸部の形状をこのような形状にすることにより、電極の流動体と接触する面積自体の面積は同一でも、図2に示すように電極が配置されている全体の面積を大きくすることが可能となり、電極部に空気が残る心配が少ない。また、電極2本が平面状または棒状に成形されている場合よりも、電極部全体は大きく

10

20

30

40

50

なることから、電極部に僅かにコンクリートあるいはグラウトが接触した場合でも敏感に充填状況を検出することが可能となる。なお、電極の外形寸法としては、例えば、5 mm × 5 mm、10 mm × 10 mm、15 mm × 15 mm、20 mm × 20 mm、25 mm × 25 mm 程度など、5 mm ~ 25 mm 程度の範囲内において正方形あるいは長方形のものなどが使用できる。

#### 【0031】

また、矩形波または鋸波状の二次元的な凹凸部が相互に噛合するように配置することによって、電極部分のあらゆる方向からコンクリートあるいはグラウトなどが流れてきても正確に充填状況を検出することができる。また、電極を小型化させることができると共に、微弱な電気抵抗値の変化も検出することが可能となる。また、このように、電極の端部を矩形波状または鋸波状とする以外にも、複数の金属板を金属線等で連結することにより各電極を構成しても良い。このように電極を構成することによって、グラウト等の測定対象物（流動体）が、いずれかの金属板には接触しなくても他の金属板には接触する可能性が高まり、検出精度を向上させることが可能となる。

10

#### 【0032】

なお、電極の大きさについてであるが、電極面積が大きくなると電極間の液抵抗は小さく、逆に静電容量は大きくなり、電極部の分極抵抗は、電極の置かれている環境条件により異なることが知られている。このことから、コンクリートあるいはグラウトの充填状況をより正確に検出するためには、電極サイズの検討が重要となる。図1の場合、一对の電極10a、10bによって占められる領域は、例えば、約400 mm<sup>2</sup>としている。

20

#### 【0033】

また、一对の電極10a、10bは、一对の電極は、材質が同一の金属で形成されたものであっても良いし、材質が異なる金属で形成されたものであっても良い。異種金属を電極に用いた場合、異種金属の組合せや、電極間に存在する物質の違いによって電極間に生じる電位差は異なる。異種金属を利用した場合、いわゆる「ガルバニック電池」が形成されるため、電極間に電圧を印加しなくても電位差が自然現象として発生する。その結果、検出時に電力が消費されないことから、その分の電力をセンサと読取装置との間の無線通信に用いることが可能となり、通信距離を相対的に大きくすることが可能となる。

#### 【0034】

異種金属を用いる場合、金属の組合せとしては、できる限り電極間電位差が大きくなる金属を組合せた方が良いが、例えば、金とアルミニウム、金と亜鉛などでは、アルミニウムや亜鉛が強アルカリにおいて非常に溶解しやすいため、コンクリートやグラウトの充填工事直後における充填状況の検出には利用できるが、工事完了から数ヵ月後に実施される竣工検査などにおいては、電極が溶解消失して充填状況を確認することができない可能性がある。また、アルカリに溶解する際に水素ガスを発生するため、この水素ガスがPC鋼材を脆弱化させる（水素脆化）可能性がある。一方、電位差が比較的小さくなる金属の組合せでは、水とコンクリートまたは水とグラウトにおける電位差の差が小さくなるが、測定誤差も小さくなる利点がある。

30

#### 【0035】

このように、異種金属により一对の電極10a、10bを形成する場合、上記問題点を十分に考慮して金属の組合せを決定する必要がある。異種金属の組合せを具体的に挙げると次の通りである。すなわち、電極材質の組み合わせとしては、アルカリ物質中における起電力と水中における起電力の差が僅かでもあれば何でも良く、例えば、鉄とアルミニウム、鉄とステンレス、鉄と亜鉛、鉄と金、鉄とニオブ、鉄と各種金属の合金、炭素と銀、炭素とチタン、炭素と銅、炭素とタングステン、炭素とモリブデン、炭素とステンレス、炭素と金、炭素と真鍮、炭素とスズ、炭素と各種金属の合金、チタンと金、チタンと各種金属の合金、銀と銅、銀とモリブデン、銀とステンレス、銀とスズ、銀と各種金属の合金、アルミニウムと炭素、アルミニウムと銀、アルミニウムとニッケル、アルミニウムとタングステン、アルミニウムとモリブデン、アルミニウムとステンレス、銅と各種金属の合金、ニッケルと真鍮、ニッケルと各種金属の合金、タングステンとニオブ、タングステ

40

50

ンと各種金属の合金、モリブデンと各種金属の合金、ステンレスと真鍮、金とスズなどが挙げられる。

#### 【0036】

次に、図1に示したRFID IC13における検出回路13aについて説明する。図3は、検出回路13aの概略構成を示すブロック図である。検出回路13aにおいて、電圧印加回路30aは、予め定められた一定の電圧印加時間に亘って一对の電極10a、10b間に電圧を印加する。この電圧印加時間は、外部の読取装置からの制御により変更することが可能である。電圧検出回路30bは、電圧印加回路30aにおける電圧印加時間が経過した時の一对の電極10a、10b間の電圧を検出する。

#### 【0037】

比較回路30cは、予め設定した閾値電圧と検出電圧とを比べて、比較回路30cへの入力電圧が小さいか大きいかを判定するものである。電圧印加回路30aによって一对の電極10a、10bに所定の電圧を印加した際に電極間の電圧値が予め設定した閾値電圧よりも大きい小さいかについて、比較回路30cを用いて判定する動作を、閾値電圧を変化させて複数回測定する。これにより、電極間の電圧値を正確に判定することが可能となる。なお、比較回路30cの測定回数を増やすことにより、比較回路30cの分解能を高められる。例えば、印加電圧 $V_{in}$ 、測定回数8回の場合、比較回路30cの分解能は、 $V_{in}/2^8$ となる。

#### 【0038】

これらの電圧印加回路30a、電圧検出回路30bおよび比較回路30cは制御線30dに接続されており、相互にデータを送信および受信することが可能となっている。

#### 【0039】

電圧印加回路30a、電圧検出回路30bおよび比較回路30cは、電極10a、10b間に所定電圧を印加し、10a、10b電極間の電気的特性（電圧）を測定するために必要な各種回路、例えば、高出力電流回路、反転増幅回路、同相増幅回路、ボルテージフォロ回路、積分増幅回路、比較演算回路、ヒステリシス特性の比較演算回路、マルチバイブレーター回路、電流－電圧変換回路、などから構成される。そして、これらを構成するように各種抵抗素子やコンデンサ、コイルなどが組み込まれている。

#### 【0040】

また、図1において、無線通信部3を構成するRFID IC13の無線通信回路13bは、変調回路、充電／電源部、メモリなどから構成される。この電源部では、バッテリーを搭載するタイプのものであっても良いし、いわゆるバッテリーレス、すなわち、蓄電機能を有し、外部から供給される電磁波による誘導電圧を一時的に蓄えるものでも良い。無線通信回路13bに含まれるメモリは、全体の制御を行うオペレーティングシステムが格納されているROM、データの書き換えや構造物の状態を検知するプログラムが格納されているEEPROM、検知した情報を記録するRAMなどで構成される。メモリにはセンサのID番号を搭載してもよく、また、読取装置から構造物の埋め込み位置に関する情報をRAMに書き込み、これら情報をセンサで検知した情報と共に読取装置で読み取ってもよい。

#### 【0041】

また、図1における無線通信部3を構成するアンテナ14は、金属類、カーボンファイバーやフェライトなどが用いられ、中空の巻き線、あるいは磁性体巻き線、あるいは基板上にプリント技術を利用して成形したものを用いることが望ましく、PETなどのフィルム間にこれら材料を挟み込んで使用してもよく、またその形状はリング状、棒状、円盤状など適当な形に成型して用いてもよい。

#### 【0042】

以上のように構成された本実施形態に係る充填センサは、コンクリート構造物等の内部に設置される。例えば、打設コンクリートの充填状態を見る場合、充填センサの取り付け位置は、かぶりコンクリート中であることが望ましい。かぶりコンクリートよりも内側に取り付けた場合、読取装置から発せられた電磁波が鉄筋に吸収され、充填センサと読取装

10

20

30

40

50

置間の通信距離が大幅に低下する、あるいは通信できない状態となる。ただし、鉄筋よりも内側に充填センサを配置した場合、鉄筋自体をアンテナとして利用することにより充填センサと読取装置との間の通信を可能にできる。

#### 【0043】

充填センサの取り付け方法としては、次のようなケースも考えられる。電極部のみを充填状況を検出したい箇所に取り付け、検出部2と無線通信部3を一体化させたもの（以降、タグと称す）を鉄筋よりも外側に取り付け、電極部とタグをリード線で接続する取り付け方法を採用することも可能である。この取り付け方法では、電極部の取り付け箇所の制限がなくなる。

#### 【0044】

図4は、本実施の形態に係る読取装置の概略構成を示すブロック図である。読取装置40は、アンテナ41によって充填センサと無線通信を行なう。制御部42は、無線通信回路42aにおいて、データの変調および復調を行なう。また、センサ制御回路42bにおいて、充填センサ1の比較回路30cにおける閾値電圧を再設定させると共に、電圧印加回路30aにおける電圧印加時間を変更させる。また、判定回路42cにおいて、充填センサ1における電極間の電圧を推定し、その推定した電圧が、流動体の種類に応じて予め定められた複数の電圧の数値範囲のうち、いずれの数値範囲に含まれるかを判定する。そして、その特定した電圧が含まれる数値範囲に対応する流動体の種類を特定することにより、流動体が充填対象空間に充填された状況を検出する。この制御部42は、メモリ、CPU、および電源を供給するための電源部とから構成される。また、必要に応じて充填センサ1からの情報を直接、あるいはデータ処理を行ってインタフェース回路43を介して、他の装置に出力させてもよい。この場合、読取装置40は、制御部42において判定回路42cを備える必要はなく、他の装置において判定回路の動作を行なっても良い。

#### 【0045】

次に、本実施形態に係る充填センサが取り付けられたシース管について説明する。図5は、シース管の外観を示す図である。このシース管50は、プレストレストコンクリート構造物のグラウト施工に用いられ、金属製のものに限らず、樹脂製の市販品のものを利用することができる。鋼製シース管にセンサ取り付け用の穴を開ける場合、使用する工具の状態によってはきれいに穴を開けられない。また、穴あけ後の穴内側にはバリが残ることから、シース管50の材質としては、樹脂製の方が好ましい。樹脂製のシース管では、工具などで開けた穴の内側にバリが残るといった問題がないなど、加工を施しやすいとのメリットがある。図5では、シース管50には、充填センサを取り付けるためのセンサ取り付け部51が設けられている。このセンサ取り付け部51は、シース管50の内面から外面方向に矩形状に突出しており、内面側から見ると矩形の窪みが形成されている。電極をシース管50に取り付ける際、PC鋼材と電極が接触しないように電極とPC鋼材を一定距離、例えば、1～10mmの間隔を保つ必要がある。少なくとも、電極とPC鋼材の距離は、電極間隔以上に離さなければならない。電極とPC鋼材の距離が、電極間隔よりも狭い場合、電極間に流れるべき電流がPC鋼材に流れてしまう恐れがあるためである。

#### 【0046】

図6は、本実施形態に係る充填センサが取り付けられたシース管継ぎ手部材の外観を示す図である。このシース管継ぎ手部材60は、プレストレストコンクリート構造物のグラウト施工に用いられるシース管どうしを接続するためのものである。シース管継ぎ手部材としては、金属製に限らず樹脂製の市販品のものを利用できる。シース管継ぎ手部材とシース管との接続部分は、少なくとも1cm～10cm確保する必要がある。接続部分の重なる長さが短い場合、継ぎ手部材とシース管が離れてしまう心配があるためである。図6では、シース管継ぎ手部材60には、充填センサを取り付けるためのセンサ取り付け部61が設けられている。このセンサ取り付け部61は、図5に示したシース管50のセンサ取り付け部51と同様に、シース管継ぎ手部材60の内面から外面方向に矩形状に突出しており、内面側から見ると矩形の窪みが形成されている。

#### 【0047】

図 5 に示したシース管、および図 6 に示したシース管継ぎ手部材では、充填センサは、図 7 に示すように、センサ取り付け部 5 1、6 1 に取り付けられる。図 7 (a) では、センサ取り付け部 5 1、6 1 において、例えば、電極幅 10 mm、長さ 10 mm、電極間隔 10 mm の形状で、材質はニッケルに金メッキ処理した一対の電極が取り付けられている。また、図 7 (b) では、センサ取り付け部 5 1、6 1 において、例えば、矩形波状の凹凸部 1 5 を有する一対の電極 10 a、10 b が相互に噛み合うように配置される。そして、充填センサの電極以外の部分は、センサ取り付け部 5 1、6 1 を覆うように取り付けられる。

#### 【0048】

次に、以上のように構成された本実施形態に係る充填検出方法の動作について説明する。図 8 は、本実施形態に係る充填検出方法の概略を示すシーケンスチャートである。ここでは、一対の電極間にコンクリート、グラウト、水、空気などの流動体が存在するか否かの判別手法について説明する。図 8 において、読取装置 40 では、メモリからロードしたプログラムを CPU において実行する。そして、充填センサ 1 の比較回路 30 c における閾値電圧を設定するように命令する (ステップ S 1)。この命令は、無線信号として読取装置 40 から充填センサ 1 へ送信される。充填センサ 1 では、受信した無線信号に基づいて、比較回路 30 c に読取装置から指示された閾値電圧を設定する (ステップ S 2)。この場合、最初に閾値電圧を設定するため、このとき設定した閾値電圧は初期設定値となる。次に、読取装置 40 では、充填センサ 1 における電圧印加回路 30 a が一対の電極 10 a、10 b に電圧を印加するように命令する (ステップ S 3)。

#### 【0049】

充填センサ 1 では、電圧印加回路 30 a が、一対の電極 10 a、10 b に電圧印加時間に亘って電圧を印加する (ステップ S 4)。電圧印加時間は、予め定められており、例えば、0.1 ms ~ 15.0 ms の範囲で電圧を印加する。充填センサ 1 では、電圧検出回路 30 b が電圧印加時間終了後の一対の電極 10 a、10 b 間の電圧を検出する (ステップ S 5)。そして、比較回路 30 c が、ステップ S 2 で設定した閾値電圧と、ステップ S 5 において検出した検出電圧とを比較し、比較結果を読取装置に対して無線送信する (ステップ S 6)。

#### 【0050】

本実施の形態では、ステップ S 1 からステップ S 6 までの動作を、複数の回数、例えば、8 回行なうこととしている。読取装置 40 では、ステップ S 6 の後、N (N は自然数でステップ S 1 からステップ S 6 までの動作を行なった回数を示す) に 1 を加算し (ステップ S 7)、N が予め定められた回数 M (ここでは 8 回) に到達したかどうかを判断する (ステップ S 8)。N = M でない場合は、ステップ S 1 へ移行する。ステップ 1 では、初期設定の後、再度閾値を設定することとなるため、前回設定した閾値電圧と前回検出された検出電圧を比較した結果、前回設定した閾値電圧よりも大きい場合には、前回設定した閾値電圧よりも大きい値に再設定し、前回設定した閾値電圧よりも小さい場合には、前回設定した閾値電圧よりも小さい値に再設定する (ステップ S 1)。そして、ステップ S 1 において再設定された閾値電圧に基づいて、再度ステップ S 1 ステップ S 8 までの各ステップを実行する。

#### 【0051】

このように、閾値電圧を初期設定した後、再び閾値電圧を設定する際に、前回検出された検出電圧が前回設定した閾値電圧と比較した結果、前回設定した閾値電圧よりも大きい場合には、前回設定した閾値電圧よりも大きい値に再設定し、前回設定した閾値電圧よりも小さい場合には、前回設定した閾値電圧よりも小さい値に再設定するので、検出回数を増やすたびに検出電圧が一定の電圧値に収束するようになる。これにより、検出電圧が実際の電圧値に近づくので、電極に接触している流動体がどのようなものであるかを特定することが可能となり、検出精度を高めることが可能となる。

#### 【0052】

また、ステップ S 8 において、N = M である場合は、電極間の電圧を推定する (ステッ

10

20

30

40

50

プS9)。すなわち、比較回路30cにおいて、8回比較動作を行なったため、これにより一対の電極10a、10b間の電圧を推定することができる。

#### 【0053】

図9は、空気、水道水、グラウトの各流動体において、時間と一対の電極10a、10b間の電圧との関係を示す図である。図9に示すように、流動体が空気である場合は、空気は絶縁に近いので、検出電圧は印加した電圧に非常に近い値を取る。流動体がグラウトである場合は、グラウトは水道水よりも高い導電性を有するため、検出電圧は水道水よりも相対的に常に低くなる。流動体が水道水である場合は、図9に示すように、空気およびグラウトの範囲内の電圧を示す。これにより、一対の電極10a、10bが接触している流動体がどのようなものであるかを特定することができる。その結果、充填対象空間における流動体の充填状況を検出することが可能となる。

10

#### 【0054】

##### (変形例)

次に、本実施形態の変形例について説明する。ここでは、充填センサ1の比較回路30cにおける閾値電圧を複数設定すると共に、電圧印加回路30aにおける電圧印加時間を変化させることにより、検出を行なう。すなわち、図8に示すステップS1において、閾値電圧設定命令を出力際に、電圧印加時間の長さに応じて前回の閾値電圧とは異なる閾値電圧を設定する命令を出力する。ここでは、図10に示すように、閾値電圧はAとBの2つを設定することとしている。また、ステップS3において、電圧印加命令を出力するが、電圧印加時間を変更するように、例えば、検出回数が増えるたびに電圧印加時間が長く

20

#### 【0055】

図10は、空気、水道水、グラウトの各流動体において、時間と一対の電極10a、10b間の電圧との関係を示す図である。閾値がAとBの2つ設定されており、この閾値に基づいて、1回目の検出では、電圧印加時間を一番短くして検出を行なう。2回目、3回目、4回目は、それぞれ電圧印加時間を次第に大きくしていき、電圧印加時間終了時の電極間の電圧を検出する。

#### 【0056】

本変形例によれば、図10に示すように、流動体が空気である場合は、空気は絶縁に近いので、電圧印加時間に関わらず、検出電圧は閾値電圧AおよびBよりも高いと判定される。また、流動体がグラウトである場合は、グラウトは水道水よりも高い導電性を有するため、電圧印加時間に関わらず、検出電圧は閾値電圧AおよびBよりも低いと判定される。流動体が水道水である場合は、図10に示すように、電圧印加時間が短い場合は、検出電圧は閾値電圧Aよりも低い。ところが、電圧印加時間を次第に大きくしていくと、検出電圧は、閾値電圧Aよりも大きくなり、閾値電圧AとBとの間の値を取る。さらに電圧印加時間を長くしていくと、検出電圧も次第に大きくなり、最終的には閾値電圧Bよりも大きくなる。これにより、一対の電極10a、10bが接触している流動体がどのようなものであるかを特定することができる。その結果、充填対象空間における流動体の充填状況を検出することが可能となる。

30

#### 【実施例】

40

#### 【0057】

上記判定手法を用いて、種々検討を重ねる中で、電圧印加後の電極間の電圧値は、印加時間の増加に伴い徐々に増大することが確認された。また、電極に電圧を印加した場合、コンクリート、グラウト、水に電気が蓄積されるため、比較回路30cを用いて電圧値を判定しようとした場合、電極間電圧値は、徐々に増加していくことが確認された。前者の現象は、コンクリート、グラウト、水などは各種イオンを多少に関わらず含んでおり、これらイオンの存在により電極への電圧印加時に電極表面に静電2重層が形成され、この静電2重層の影響により、電圧印加時間に対して電極間電圧値が徐々に増加することが原因として生じるものである。また、後者の現象は、電極間に流れた電流がコンクリート、グラウト、水などに蓄電されることが原因として生じるものである。

50

## 【0058】

上記2つの現象を十分に把握できたことにより、空気、水（水道水、泥水など）、コンクリートやグラウトを正確に判別することが可能となった。

## 【0059】

具体的な判別方法を以下に示すが、本方法に限定されるものではない。すなわち、電極への電圧印加後に一定時間経過後の電極間電圧値を予め設定した比較電圧値と比較する。空気は、絶縁に近い状態であるため電極間電圧値は印加電圧に近い値を示し、コンクリートやグラウトは、各種水溶性塩類を多量に含んだ状態にあり導電性を示すことから電極間電圧値は、0Vに近い値となる。水（水道水、泥水など）は、空気とコンクリートやグラウトとの範囲内の電圧値を示す。したがって、閾値電圧をコンクリートやグラウトの場合に示される電圧値と水（水道水、泥水など）の場合に示される電圧値の中間値となるように設定した場合、得られる電極間電圧がこの閾値電圧よりも小さい場合には、コンクリートやグラウトであると判定する。閾値電圧よりも大きい場合には、水（水道水、泥水など）と空気のそれぞれで示される電圧の中間値となるように閾値電圧を改めて設定しなおし、得られる電極間電圧が設定しなおした閾値電圧よりも小さい場合には、水であると判定する。得られる電極間電圧が設定しなおした閾値電圧よりも大きい場合には、空気であると判定する。このような判定手法により測定対象物が何であるかを判定するのであるが、次に、このような充填センサを実際に用いた結果を示す実施例について説明する。

## 【0060】

桁長3.2m、鋼材として12S12.7BのPC鋼材（緊張材）を桁内に4本配置するもので、シース管は鋼製外径68mmとしたポストテンション方式T型のプレストレストコンクリート（以下、PCコンクリート）の施工におけるグラウト充填を検知した例である。道路橋示方書に従って設計した前PCコンクリートにおいて、桁の配筋を行い、続いてシース管を配置した。充填センサの電極部は図7（a）に示すように、電極幅10mm、長さ10mm、電極間隔10mmの形状とし、材質はニッケルに金メッキ処理したものをを用いた。本発明の充填センサを桁内に配置された4本のシース管にそれぞれ5個取り付けた。取り付けは、電極がシースの内側となるようにシース管に穴を開けて取り付けた。検出部および無線通信部には、センサ、変調／復調、CPU、メモリ、センサ制御部などを備えたRFIDチップ、アンテナ、および蓄電機能を備え、センサと読取装置との通信には13.56MHzの周波数を用いた。

## 【0061】

充填センサを取り付けた後、コンクリートを打設して蒸気養生を行い脱型し、2週間養生してPC鋼材を挿入、緊張した。充填に用いたグラウトは水セメント比を28%、35%、45%、55%の4種類として市販のグラウト用混和材料を用いて製造し、4本のシース管に各水セメント比のグラウトを注入した。注入は、グラウトポンプを用いてシース管の片側から行い、注入速度は10リットル／分で、シース管とPC鋼材との空隙率と、シース管の長さから計算されるグラウトの設計数量の2／3とした。注入後、読取装置を用いてグラウトの充填を検知し、またグラウト硬化後に削孔によってセンサ付近のグラウトの充填状況を確認した。

## 【0062】

その結果、本発明の充填検出方法では、何れのシース管においても注入口から3ヶ所のセンサ位置でグラウト充填、残り2ヶ所でグラウト未充填であった。この結果は削孔によって確認したグラウト充填の有無と一致し、本発明のシステムでPCコンクリートのグラウト充填の有無を検知できることが判った。

## 【0063】

以上のような本発明の特徴的な動作は、プログラムを実行することによって行なわれる。すなわち、このプログラムは、読取装置40が備えているコンピュータにロードされることによって、読取装置40が充填センサ1と無線通信を行ない、土木施工または建築施工で用いられる流動体が充填対象空間に充填された状況を検出するプログラムであって、充填センサ1の比較回路30cに対して閾値電圧を設定する処理Aと、充填センサ1の電

圧印加回路 30 a に対して、電極間に抵抗素子が挿入された充填センサ 1 の一対の電極に対し、予め設定された一定の電圧印加時間に亘って電圧を印加させる処理 B と、充填センサ 1 の電圧検出回路 30 b に対して、電圧印加時間が経過した時の電極間の電圧を検出させる処理 C と、充填センサ 1 の比較回路 30 c に対して、検出した検出電圧と、処理 A において設定した閾値電圧とを比較して、その比較結果を読取装置 40 に対して出力させる処理 D と、処理 A から処理 D までの各処理を複数回実行した後、読取装置 40 が備えている判定回路 42 c に対して、電極間の電圧を推定し、その推定した電圧が、流動体の充填状況に応じて予め定められた複数の電圧範囲のうち、いずれの電圧範囲に含まれるかを判定し、推定した電圧が含まれる範囲に対応する流動体の充填状況を特定することにより、流動体の充填対象空間への充填状況を検出させる処理 E と、を含む一連の処理をコンピュータが実行し得る命令群として構成されている。また、処理 A は、読取装置 40 のセンサ制御回路 42 b に対して、閾値電圧を初期設定した後、再び閾値電圧を設定する際に、前回検出された検出電圧が前回設定した閾値電圧と比較した結果、前回設定した閾値電圧よりも大きい場合には、前回設定した閾値電圧よりも大きい値に再設定し、前回設定した閾値電圧よりも小さい場合には、前回設定した閾値電圧よりも小さい値に再設定する処理をさらに含んでも良く、充填センサ 1 に対して、再設定後の閾値電圧に基づいて処理 B から処理 D までの各処理を再度実行させても良い。また、処理 B は、読取装置 40 のセンサ制御回路 42 b に対して、電圧印加回路 30 a における電圧印加時間を変更させる処理をさらに含んでも良く、充填センサ 1 に対して、変更後の電圧印加時間に基づいて処理 B から処理 D までの各処理を再度実行させても良い。

10

20

30

40

50

#### 【0064】

このプログラムは、CD-ROM や DVD 等の記録媒体に記録された状態で入手することが可能である。また、このようなプログラムは、ネットワークを構成する公衆電話回線、専用電話回線、ケーブルテレビ回線、無線通信回線等により構成される通信網等の伝送媒体を介して、送信装置であるコンピュータにより送信された信号を受信することで入手することもできる。この信号は、プログラムを含む所定の搬送波に具現化されたコンピュータデータ信号である。この送信の際、伝送媒体中には上記プログラムの少なくとも一部を伝送していればよい。すなわち、上記プログラムを構成するすべてのデータが、一時に伝送媒体上に存在している必要はない。また、上記コンピュータからプログラムを送信する送信方法には、プログラムを構成するデータを連続的に送信する場合も、断続的に送信する場合も含まれる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0065】

【図 1】本実施形態に係る充填センサの概略構成を示すブロック図である。

【図 2】(a) (b) は、電極の二次元的な形状を示す図である。

【図 3】検出回路の概略構成を示すブロック図である。

【図 4】読取装置の概略構成を示すブロック図である。

【図 5】本実施形態に係る充填センサが取り付けられたシース管の外観を示す図である。

【図 6】本実施形態に係る充填センサが取り付けられたシース管継ぎ手部材の外観を示す図である。

【図 7】センサ取り付け部に取り付けられた電極を示す図である。

【図 8】読取装置と充填センサの動作を示すシーケンスチャートである。

【図 9】、空気、水道水、グラウトの各流動体において、時間と一対の電極間の電圧との関係を示す図である。

【図 10】、空気、水道水、グラウトの各流動体において、時間と一対の電極間の電圧との関係を示す図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0066】

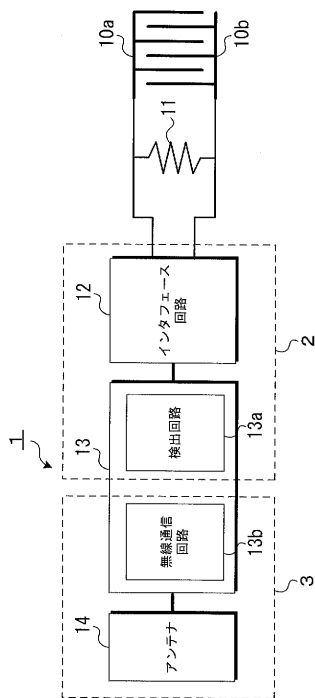
- 1 充填センサ
- 2 検出部

- 3 無線通信部
- 10 a、10 b 電極
- 11 抵抗素子
- 12 インタフェース回路
- 13 a 検出回路
- 13 b 無線通信回路
- 14 アンテナ
- 15 凹凸部
- 16 リード線
- 17 凹凸部
- 30 a 電圧印加回路
- 30 b 電圧検出回路
- 30 c 比較回路
- 30 d 制御線
- 40 読取装置
- 41 アンテナ
- 42 制御部
- 42 a 無線通信回路
- 42 b センサ制御回路
- 42 c 判定回路
- 43 インタフェース回路
- 50 シース管
- 51 センサ取り付け部
- 60 シース管継ぎ手部材
- 61 センサ取り付け部

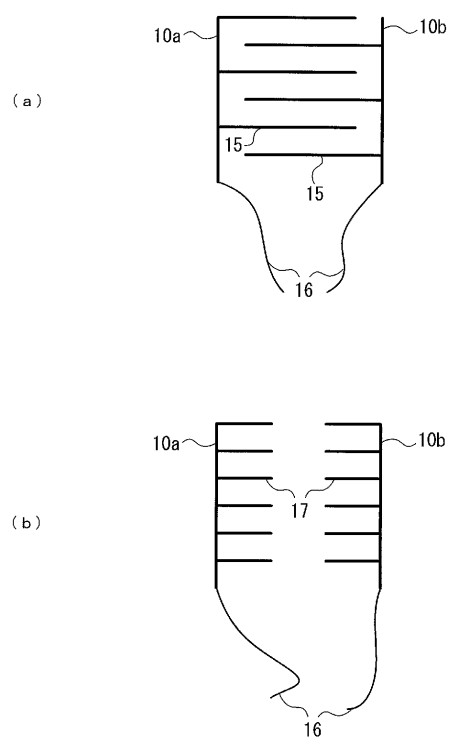
10

20

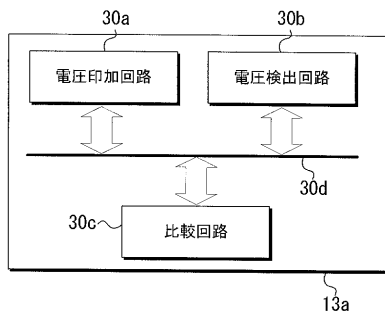
【図 1】



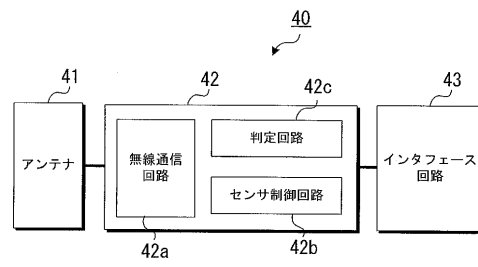
【図 2】



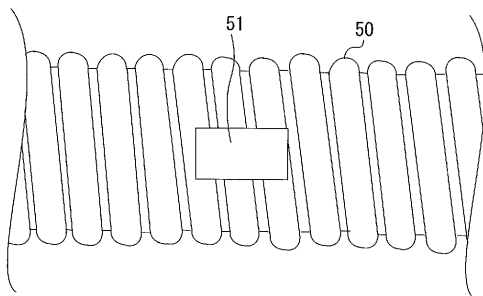
【図 3】



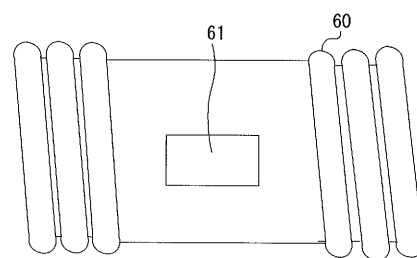
【図 4】



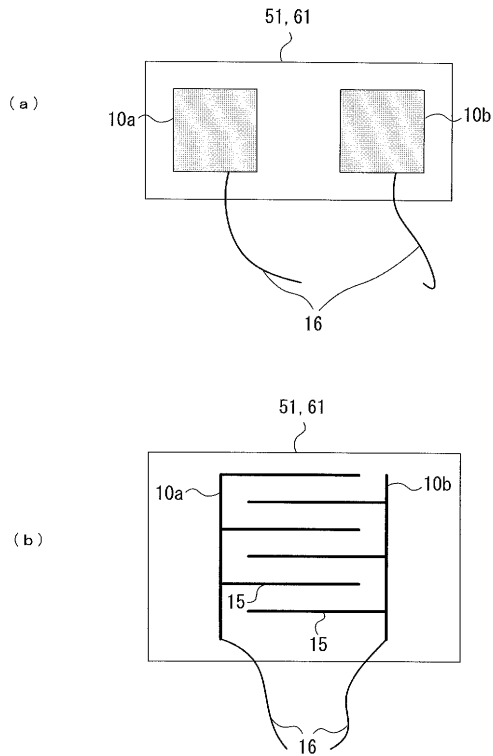
【図 5】



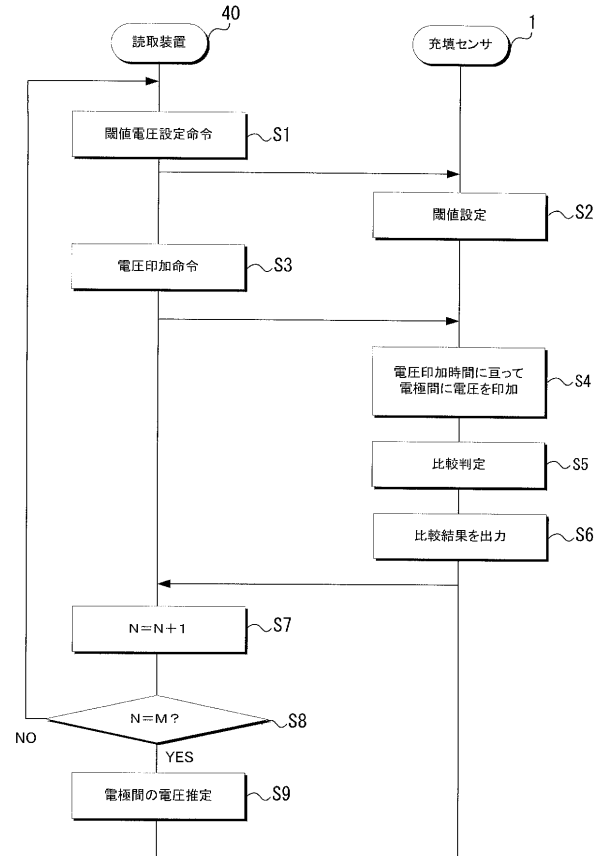
【図 6】



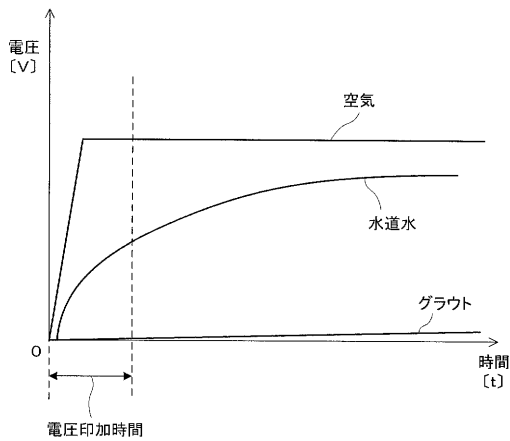
【図 7】



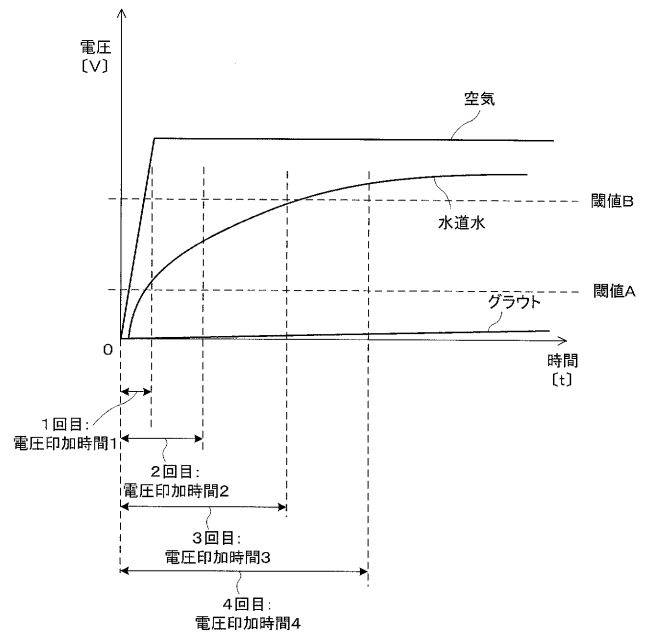
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 小川 彰一  
千葉県佐倉市大作二丁目4番2号 太平洋セメント株式会社内
- (72)発明者 金田 由久  
千葉県佐倉市大作二丁目4番2号 太平洋セメント株式会社内
- (72)発明者 外山 正明  
千葉県佐倉市大作二丁目4番2号 太平洋セメント株式会社内
- (72)発明者 小沼 良平  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
- (72)発明者 出口 不二男  
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
- (72)発明者 伊藤 三郎  
埼玉県所沢市上山口1番地 株式会社沖電気コミュニケーションシステムズ内
- Fターム(参考) 2E172 AA05 HA03  
2F073 AA01 AB01 AB02 AB12 BB01 BC02 CC01 CC07 DE11 FF01  
FF03 GG01 GG03 GG04 GG08 GG09  
2G060 AA14 AE40 AG10 HC07