

(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2005-291791

(P2005-291791A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

G 01 N 25/72

F 1

G 01 N 25/72

K

テーマコード(参考)

2 G 04 O

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号

特願2004-104180 (P2004-104180)

(22) 出願日

平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 501363028

阪上 ▲隆▼英

兵庫県神戸市東灘区御影山手2丁目6番2
-317号

(71) 出願人 000183266

住友大阪セメント株式会社

東京都千代田区六番町6番地28

(74) 代理人 100092956

弁理士 古谷 栄男

(74) 代理人 100101018

弁理士 松下 正

(74) 代理人 100101546

弁理士 真島 宏明

(74) 代理人 100120824

弁理士 鶴本 祥文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コンクリートの充填不良検査方法および装置

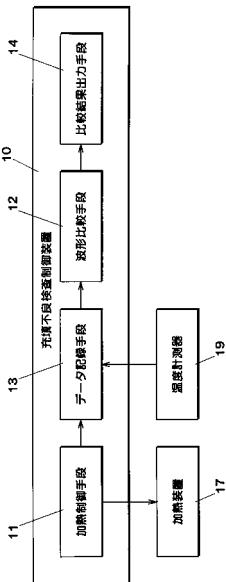
(57) 【要約】

【課題】 型枠内へのコンクリートの充填不良を、
非破壊的に検出する方法および装置を提供する。

【解決手段】

加熱制御手段11の制御によって、加熱装置17がコンクリート充填後の型枠を加熱する。温度計測器19は、型枠の各単位領域の表面温度を計測する。加熱停止後の温度計測器19からの計測データは、データ記録手段13に記録される。波形比較手段12は、各単位領域の温度変化波形と、所定周期の参照波形との位相差を算出する。比較結果出力手段14は、画像などに変換された位相差を出力する。当該画像に基づいて、充填不良部分を検出することができる。

【選択図】図11



08009011

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査方法であって、

コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行い、

前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度を計測し、

前記各単位領域において、他の領域に比べて相対的に表面温度の高い領域を充填不良部であるとして検出すること、

を特徴とするコンクリートの充填不良検査方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 の充填不良検査方法において、

加熱停止後、異なる時刻に 2 回以上表面温度を計測し、いずれか 1 回の計測において、他の領域に比べて相対的に表面温度の高い領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴とするもの。

【請求項 3】

熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査方法であって、

コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行い、

少なくとも前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度の時間的变化を計測し、

各単位領域における表面温度の時間変化の相対的相違に基づいて、充填不良部を検出すること、

を特徴とするコンクリートの充填不良検査方法。

20

【請求項 4】

請求項 3 の充填不良検査方法において、

各単位領域における表面温度の時間変化の相対的相違は、各単位領域における表面温度波形の所定周期を有する参照波形に対する位相差に基づいて決定されるものであることを特徴とするもの。

【請求項 5】

30

請求項 4 の充填不良検査方法において、

異なる参照波形を用いて相対的相違を算出し、いずれか 1 つの参照波形について、他の領域に比べて相対的に位相差が異なる領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴とするもの。

【請求項 6】

請求項 3 の充填不良検査方法において、

加熱時間を異ならせて複数回の計測を行い、いずれか 1 回の計測において、他の領域に比べて表面温度の時間変化が相対的に異なる領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴とするもの。

【請求項 7】

40

熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査装置であって、

コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行う加熱装置に対して、加熱開始指令および加熱停止指令を行う加熱制御手段と、

前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度を計測する温度計測器からのデータを入力して記録するデータ記録手段と、

各単位領域における表面温度を、各単位領域の位置に対応づけて出力する出力手段と、
を備えたコンクリートの充填不良検査装置。

【請求項 8】

請求項 7 の充填不良検査装置において、さらに、

50

全単位領域の平均表面温度との温度差が所定値以上の領域を充填不良部分であると判断する充填不良位置判断手段を備えたことを特徴とするもの。

【請求項 9】

熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査装置であって、

コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行う加熱装置に対して、加熱開始指令および加熱停止指令を行う加熱制御手段と、

少なくとも前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度の時間的変化を計測する温度計測器からのデータを入力して記録するデータ記録手段と、

各単位領域における表面温度の時間変化波形と、所定周期を有する参照波形との位相差を算出する波形比較手段と、

波形比較手段によって算出された各単位領域における前記位相差を、各単位領域の位置に対応づけて出力する出力手段と、

を備えたコンクリートの充填不良検査装置。

【請求項 10】

請求項 9 の充填不良検査装置において、さらに、

全単位領域の平均位相差に対して所定値以上異なる位相差を有する領域を充填不良部分であると判断する充填不良位置判断手段を備えたことを特徴とするもの。

【請求項 11】

熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査装置をコンピュータを用いて実現するためのプログラムであって、

コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行う加熱装置に対して、加熱開始指令および加熱停止指令を行う加熱制御手段と、

少なくとも前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度の時間的変化を計測する温度計測器からのデータを入力して記録するデータ記録手段と、

各単位領域における表面温度の時間変化波形と、所定周期を有する参照波形との位相差を算出する波形比較手段と、

波形比較手段によって算出された各単位領域における前記位相差を、各単位領域の位置に対応づけて出力する出力手段と、

をコンピュータによって実現するためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、型枠に充填したコンクリートの充填不良を検出する方法およびその装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

コンクリート構造物の耐久性を確保するためには、設計配合のコンクリートを均質に型枠内に打設することが必要である。ジャンカと呼ばれる充填不良部は、通常のコンクリートに比べて空隙が多く、物質透過性が大きいため、その存在はコンクリート構造物の耐久性を著しく低下させる危険性がある。また、ジャンカはコンクリート表面に発生するが多く、美観上からも好ましくない。

【0003】

ジャンカの発生を防止するため、従来では配筋状況や部材の形状から、コンクリートのワーカビリティを適切に設定し、所望のワーカビリティを有することを確認した上で、必要な締固め方法を用いて打設を行う方法がとられている。

【0004】

10

20

30

40

50

ジャンカの発生が判明するのは、多くの場合、型枠を脱型した時点であり、判明時には根本的対策をとることができないという問題があった。このため、充填時にジャンカを検出する手法が採用されている。たとえば、型枠に点検孔を設けて、コンクリートの到達を確認する方法や、充填不良が懸念される箇所（型枠の内側）にセンサを設けてコンクリートが充填されたことを確認する手法などがある。

【0005】

また、特許文献1には、電波をコンクリートに向けて放射し、その反射波を受信することによって、コンクリート内の欠陥を検査する装置が開示されている。

【0006】

特許文献2には、コンクリート構造物の被診断部位の表面にパルスレーザ光を照射して熱膨張による弾性波を発生させ、その挙動を測定することにより、内部欠陥等を検査する装置が開示されている。

【0007】

【特許文献1】特開2002-350365

【0008】

【特許文献2】特開2002-296244

【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、点検孔やセンサを設ける方法では事前の準備が必要であり、さらに、型枠全体に対する充填不良を容易に検出することはできなかった。

【0010】

また、特許文献1のものでは上記のような問題点はないものの、電波をコンクリート内部に向けて放射しているので、鋼板などの型枠がある場合には、検査を行うことができなかった。

【0011】

さらに、特許文献2のものでも、コンクリートの表面にパルスレーザ光を照射する必要があるため、やはり型枠がある場合には、検査を行うことができなかった。

【0012】

この発明は、型枠に特別な加工を施したり、型枠内にセンサを設置したりすることなく、型枠の外から、型枠全体に対する充填不良を容易に検出することの可能な充填不良検出方法および装置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】

【0013】

(1)この発明に係るコンクリートの充填不良検査方法は、熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査方法であって、コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行い、前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度を計測し、前記各単位領域において、他の領域に比べて相対的に表面温度の高い領域を充填不良部であるとして検出することを特徴としている。

【0014】

したがって、鋼板のような熱伝導性の良い材質による型枠の外から、非破壊的に、コンクリートの充填不良部を検出することができる。また、計測対象に対して強制的な加熱を行っているので、急激に表面温度を上昇させて内部との温度勾配を形成し、迅速かつ高精度な検出を可能としている。

【0015】

(2)この発明に係るコンクリートの充填不良検査方法は、加熱停止後、異なる時刻に2回以上表面温度を計測し、いずれか1回の計測において、他の領域に比べて相対的に表面温度の高い領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴としている。

【0016】

10

20

30

40

50

したがって、より確実に充填不良部を検出することができる。

【0017】

(3)この発明に係るコンクリートの充填不良検出方法は、熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査方法であって、コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行い、少なくとも前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度の時間的变化を計測し、各単位領域における表面温度の時間変化の相対的相違に基づいて、充填不良部を検出することを特徴としている。

【0018】

したがって、鋼板のような熱伝導性の良い材質による型枠の外から、非破壊的に、コンクリートの充填不良部を検出することができる。 10

【0019】

(4)この発明に係るコンクリートの充填不良検出方法は、各単位領域における表面温度の時間変化の相対的相違は、各単位領域における表面温度波形の所定周期を有する参照波形に対する位相差に基づいて決定されるものであることを特徴としている。

【0020】

(5)この発明に係るコンクリートの充填不良検出方法は、異なる参照波形を用いて相対的相違を算出し、いずれか1つの参照波形について、他の領域に比べて相対的に位相差が異なる領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴としている。

【0021】

したがって、より確実に充填不良部を検出することができる。

【0022】

(6)この発明に係るコンクリートの充填不良検出方法は、加熱時間を異ならせて複数回の計測を行い、いずれか1回の計測において、他の領域に比べて表面温度の時間変化が相対的に異なる領域があれば、当該領域を充填不良部として検出することを特徴としている。

【0023】

したがって、より確実に充填不良部を検出することができる。

【0024】

(7)この発明に係るコンクリートの充填不良検査装置は、熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査装置であって、コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行う加熱装置に対して、加熱開始指令および加熱停止指令を行う加熱制御手段と、前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度を計測する温度計測器からのデータを入力して記録するデータ記録手段と、各単位領域における表面温度を、各単位領域の位置に対応づけて出力する出力手段とを備えている。 30

【0025】

したがって、出力された各単位領域の表面温度に基づいて、鋼板のような熱伝導性の良い材質による型枠の外から、非破壊的に、コンクリートの充填不良部を検出することができる。、

(8)この発明に係るコンクリートの充填不良検出装置は、全単位領域の平均表面温度との温度差が所定値以上の領域を充填不良部分であると判断する充填不良位置判断手段を備えたことを特徴としている。 40

したがって、充填不良位置を検出することができる。

【0026】

(9)この発明に係るコンクリートの充填不良検出装置は、熱伝導性の良い材質によって構成される型枠の中にコンクリートを充填した際に生じる充填不良部を検出する充填不良検査装置であって、コンクリート充填後の型枠の計測対象表面の全面に対して加熱を行う加熱装置に対して、加熱開始指令および加熱停止指令を行う加熱制御手段と、少なくとも前記加熱を停止した後の加熱停止期間において、計測対象表面の各単位領域における表面温度の時間的变化を計測する温度計測器からのデータを入力して記録するデータ記録手段と 50

、各単位領域における表面温度の時間変化波形と、所定周期を有する参照波形との位相差を算出する波形比較手段と、波形比較手段によって算出された各単位領域における前記位相差を、各単位領域の位置に対応づけて出力する出力手段とを備えている。

【0027】

したがって、出力された各単位領域の表面温度に基づいて、鋼板のような熱伝導性の良い材質による型枠の外から、非破壊的に、コンクリートの充填不良部を検出することができる。

【0028】

(10)この発明に係るコンクリートの充填不良検出装置は、全単位領域の平均位相差に対して所定値以上異なる位相差を有する領域を充填不良部分であると判断する充填不良位置判断手段を備えたことを特徴としている。10

【0029】

したがって、充填不良位置を検出することができる。

【0030】

この発明において、「加熱制御手段」とは、加熱装置を制御する手段をいい、実施形態では、図5や図12のステップS401がこれに対応する。

【0031】

「データ記録手段」とは、計測対象の表面温度データを記録するものであり、実施形態では、ハードディスク35がこれに対応する。

【0032】

「画像化手段」とは、表面温度データを視覚的なデータに変換する手段をいい、図5のステップS404や図12のステップS406がこれに対応する。

【0033】

「画像出力手段」とは、視覚的データを出力する手段をいう。ディスプレイ、プリンタなどの出力装置に出力するものだけでなく、他のソフトウェアに視覚的データを出力するものも含む概念である。実施形態では、図5のステップS406や図12のステップS407が画像出力手段に対応する。

【0034】

「波形比較手段」とは、各単位領域の温度変化波形を参照波形と比較し、その違いを出力する手段をいう。位相差、周波数成分、波形の図形的形状差などを違いとすることができる。実施形態では、図12のステップS405が波形比較手段に対応する。30

【0035】

「比較結果出力手段」とは、比較結果を出力する手段をいう。画像として比較結果を出力するものだけでなく、数値やデータとして出力するものを含む概念である。ディスプレイ、プリンタなどの出力装置に出力するものだけでなく、他のソフトウェアに視覚的データを出力するものも含む概念である。実施形態では、図12のステップS407がこれに対応する。

【0036】

「表面温度の時間的変化を計測し」とは、各測定時点における測定開始時の温度との差を計測する場合だけでなく、各測定時点における温度を計測する場合も含む概念である。

【0037】

「コンクリート」とは、いわゆる狭義のコンクリートだけでなく、モルタルなどを含む概念である。

【0038】

「プログラム」とは、CPUによって直接実行可能なプログラムだけでなく、ソース形式のプログラム、圧縮されたプログラム、暗号化されたプログラムやハードディスク等によってインストールして動作可能となるプログラムなどを含む概念である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

1. 充填不良検出の概念

10

20

30

40

50

コンクリート構造物などの熱伝導性の低い被検査体の表面に対して、一定量を超えるような大きな熱量が与えられた場合、被検査体の内部にいわゆる加熱層が発生し、表面温度が下降する冷却期間中にも内部への熱伝導が持続されることが予測される。

すなわち、低熱伝導性材料から構成された物体の表面に熱負荷を与えた場合、与えられた熱負荷による熱量が大きい程、加熱を停止した後の加熱停止期間においても内部への熱伝導が持続される。

【0040】

したがって、持続された内部への熱伝導が検出対象となる欠陥の深さ地点にまで到達し、熱の到達によって生じた温度上昇に基づく表面温度の変化を測定することができれば、少なくとも当該地点までの深さに存在する欠陥の検出が可能となる。

10

【0041】

図2のAに示す人工欠陥供試体1には、表面からの深さdが100mmおよび50mmの位置に、厚さ10mmのポリエチレンシートの模擬剥離2、5、厚さ5mmのポリエチレンシートの模擬剥離3、6、厚さ2mmのポリエチレンシートの模擬剥離4、7がそれぞれ埋設されている。

【0042】

人工欠陥1に対して、(1)加熱距離(熱源から供試体までの距離)を2m、加熱時間を20分とした場合、および(2)加熱距離を0.5m、加熱時間を1分とした場合に、加熱を停止した後(25分経過後)に赤外線サーモグラフィ(検出波長8~13μm、NETD値0.1)により表面温度分布を計測した。計測は、加熱停止後25分の時点にて行った。

20

【0043】

図2のBは、(1)加熱距離を2m、加熱時間を20分とした場合の表面温度分布画像である。また、図3のCは、(2)加熱距離を0.5m、加熱時間を1分とした場合の表面温度分布画像である。

30

【0044】

図2のBの温度分布画像においては、b1、b2およびb3付近が高温で表示されている。これは、模擬欠陥5~7についての欠陥検出が可能であることを示している。また、図2のCの温度分布画像においては、c1、c2およびc3付近が高温で表示されている。これは、深さ50mmの模擬欠陥5~7についての欠陥検出が可能であることを示している。上記のようにして、コンクリート構造物の内部欠陥を検出することができる。

30

【0045】

ところで、型枠内に流し込んで間もないコンクリートは未硬化であるが、硬化後のコンクリートと同様、低熱伝導性材料であるという点は同じである。また、充填不良部(ジャンカ)は、いわゆる空隙の大きい部分であり、上記の内部欠陥と同様であると見ることができる。したがって、型枠内でのコンクリートの充填不良についても、基本的には、上記と同様の検出手法を用いることができる。

【0046】

しかしながら、鋼板などの熱伝導性の良い材質による型枠が外側にあるため、この点を考慮に入れた検出手法を採用しなければならない。加熱停止後に、充填不良部分の表面と健全部の表面とにおいて温度差が生じるが、鋼板の迅速な熱伝導によって、その温度差は急速に失われてしまう。よって、加熱停止後の比較的短い時間内(上記のコンクリートの内部欠陥検査の場合よりも短い時間内)に、温度差を計測することが好ましい。

40

【0047】

2. 第1の実施形態

(1)全体構成

図1に、本発明の一実施形態である充填不良検査システムの概略構成を機能ブロック図で示す。充填不良検査システムは、充填不良検査制御装置10、加熱装置17、温度計測器19を備えている。充填不良検査制御装置10は、加熱装置17に対して加熱・加熱停止を制御する加熱制御手段11と、温度計測器19が計測した型枠の表面温度の計測デー

50

タを入力して記録するデータ記録手段13と、データ記録手段13に記録された計測データを読み出して画像化する画像化手段16と、画像を出力する画像出力手段18とを備えている。操作者は、出力された画像を目視して、充填不良部を検出することができる。

【0048】

図3に、充填不良検査システムの外観を示す。鋼板から構成される型枠20の内側には、コンクリートが充填される。検査は、充填後、コンクリート硬化の前に行う。

【0049】

型枠20に対向して、この型枠20に熱負荷を与えるヒーター21を設置する。なお、ヒーター21は、型枠20に対して均質な熱負荷を与えるため、熱負荷の出力を調整することができるリレー装置25に接続されている。リレー装置25を設けることにより、ヒーター21の中心部における照射量を調整し、型枠20の中心部が周辺部に比べて高温にならないようにしている。なお、型枠20は鋼板から形成されているので、コンクリートを直接加熱する場合に比べて、加熱が均一になされやすいので、リレー装置25による均一化の処理は省略してもよい。

【0050】

信号発生装置27は、リレー装置25およびコンピュータ装置29に接続されており、コンピュータ装置29から受けた加熱開始指令に基づいて、リレー装置25を制御するための信号を発生する。

【0051】

赤外線カメラ23は、型枠20に対向して設置されるとともに、コンピュータ装置29に接続されており、型枠20の表面温度を時系列で計測し、この計測データをコンピュータ装置29に出力する。

【0052】

計測データの出力を受けて、コンピュータ装置29は、計測データを記録し、当該データに基づいて、コンクリートの充填不良を判断するための画像出力を行う。

【0053】

なお、図1における、充填不良検査制御装置10は、コンピュータ装置29および信号発生装置27によって実現される。加熱装置17は、ヒーター17およびリレー装置25によって実現される。温度計測器19は、赤外線カメラ23によって実現される。なお、信号発生装置27を設けずに、コンピュータ装置29から加熱装置17を直接制御するようとしてもよい。型枠20とヒーター21との距離を変えることにより、型枠に与える熱を変えることができる。この実施形態では、型枠20の表面からヒーターまでの距離を1mとしている。

【0054】

(2)ハードウェア構成

図4に、コンピュータ装置29のハードウェア構成図を示す。この装置は、CPU30、メモリ31、ディスプレイ33、ハードディスク35(記憶装置)、キーボード/マウス37、通信回路39を備えている。

通信回路39は、信号発生装置27、赤外線カメラ23などとの接続を行うための回路である。ハードディスク35には、オペレーティングシステムや充填不良検査のためのプログラムが記録されている。充填不良検査のためのプログラムは、オペレーティングシステムと協働してその機能を達成している。

【0055】

(3)フローチャート

図5に、不良充填検出プログラムのフローチャートを示す。まず、CPU30は、信号発生装置27に対し、通信回路39を介して加熱条件を出力する(ステップS401)。この実施形態では、加熱時間が0.5分、加熱強度が38.8kW(ヒーター出力)で一定となるような加熱条件を出力している。

前記加熱条件は、信号発生装置27に与えられ、波形信号に変換されてリレー装置25に出力される。リレー装置25は、入力した波形信号に基づいてヒーター21を作動させ

る。これにより、所定の加熱条件で被検査体20に熱負荷を与える。ここでは、図14に示すように、加熱時間が0.5分、加熱強度が38.8kWで一定となるような熱負荷が与えられることになる。

【0056】

次に、CPU30は、加熱の停止から所定時間（この実施形態では3秒）が経過したか否かを判断する（ステップS402）。所定時間経過すれば、CPU30は、通信回路39を介して、赤外線カメラ23の出力（表面温度データ）を取り込み、ハードディスク35に記録する（ステップS403）。なお、加熱開始からの表面温度データを連続的に取り込んで記録しておき、加熱停止から所定時間経過後のデータのみを読み出すようにしてもよい。

10

【0057】

赤外線カメラ23は、図6に示すように、計測対象の各単位領域P_{1,1}~P_{k,j}についての表面温度を出力する。つまり、計測対象表面を、縦k、横jのマトリクスとし、それぞれの単位領域の表面温度を計測するものである。

【0058】

次に、CPU30は、記録した表面温度データに基づいて、温度を示す画像を生成する（ステップS404）。温度の高い部分ほど、濃度を低くする等の画像を生成する。

【0059】

CPU30は、生成した画像を、ディスプレイ33に表示する。操作者は、この画像を目視して、充填不良箇所を検出する。

20

【0060】

上記のように、この実施形態では、加熱装置によって表面を強制的に加熱しているので、急激に表面を加熱して内部との温度勾配を形成し、迅速かつ精度のよい検出を行うことができる。

【0061】

なお、上記では、加熱停止から所定時間経過後の1回だけ画像を得るようにしているが、異なる時刻について複数の画像を出力するようにしてもよい。

【0062】

また、赤外線カメラ23からの画像データをそのまま画像として記録し、ディスプレイ33に表示するようにしてもよい。

30

【0063】

また、プリンタ（表示せず）によって画像を印刷することにより、画像を出力するようにしてもよい。

【0064】

また、上記実施形態では、画像を出力し、作業者が充填不良を検出するようにしている。しかし、CPU30が、表面温度データに基づいて充填不良部を判断し、当該充填不良部の位置を出力するようにしてもよい。この場合、CPU30は、全単位領域における表面温度の平均値を算出し、当該平均表面温度に対して所定値以上表面温度が高い領域を、充填不良部と判断する。また、予め、健全部の表面温度が分かっている場合には、当該健全部の表面温度に対して所定値以上表面温度が高い領域を、充填不良部と判断してもよい。

40

【0065】

CPU30は、このようにして検出した充填不良部（不良とされた単位領域全て、もしくは重心）の座標値をディスプレイ33に表示する。

【0066】

上記実施形態では、画像として出力することにより、表面温度または位相差を各単位領域の位置に対応づけて出力するようにしている。しかし、表面温度または位相差を、各単位領域の位置情報（座標など）に対応付けて、数値などで出力するようにしてもよい。

【0067】

(4)実施例

50

本実施形態によるコンクリート充填不良の検出精度を確認するための実験を行った。実験は、図7に示す模擬ジャンカを用いて行った。図7Aが背面図、図7Bが断面図である。型枠20は、厚さ3mmの鋼板によって構成した。前面型枠20aの表面には、補強のためのリブ(鋼板)27が配されている。

型枠20内は、コンクリート21で充填されている。前面型枠20aに接するように、2つの模擬ジャンカ23a、23bを形成した。ここでは、模擬ジャンカとして、空隙率20%のポーラスコンクリートを用いた。なお、ポーラスコンクリートの前面型枠20aに接しない面には、セメントペーストを塗布し、コンクリート打設時にポーラスコンクリートの空隙が充填されないようにした。

【0068】

模擬ジャンカ23aは、前面型枠20aに接する面において18cmの直径を有し、打設面25に向かうにしたがって徐々に直径が小さくなる形状となっている。模擬ジャンカ23bは、前面型枠20aに接する面において10cmの直径を有する円柱形状となっている。

【0069】

なお、ここでは、実験を容易にするため、コンクリートおよびポーラスコンクリートの硬化後に計測を行ったが、硬化前であっても、基本的に同様の傾向が現れるものと思われる。

【0070】

前面型枠20aの表面からヒーターまでの距離を1m、加熱時間を0.5分、計測時刻を加熱終了後3秒とした場合の画像を、図8Aに示す。模擬ジャンカ23aの部分が高温になっていることが分かる。なお、縦横に現れている高温部分の筋は、リブ27によるものである。このリブの画像に基づいて、ジャンカの位置を特定することもできる。

【0071】

同条件で、加熱終了後5分に計測した場合の画像を、図8Bに示す。この画像では、模擬ジャンカ23a、23bによる温度変化は見いだされなかった。なお、この実験では、加熱終了後1分までは、模擬ジャンカ23aの画像を目視確認可能であった。

【0072】

図9のNo.1、No.2に示すような模擬ジャンカ23c、23d、23e、23fについても、計測を行った。実際にはリブを設けているが、図においては省略している。

【0073】

No.1のものに対しては、前面型枠20aの表面からヒーターまでの距離を0.5m、加熱時間を1.5分、計測時刻を加熱終了直後(2秒後)および5分後として計測した。図10Aに加熱終了直後の画像、図10Bに加熱終了から5分後の画像を示す。加熱距離を短く加熱時間を多くとっているため、加熱終了から5分においても、模擬ジャンカを確認することができる。

【0074】

No.2のものに対しては、前面型枠20aの表面からヒーターまでの距離を1m、加熱時間を1分、計測時刻を加熱終了直後(2秒後)および5分後として計測した。図10Cに加熱終了直後の画像、図10Dに加熱終了から5分後の画像を示す。何れの場合においても、模擬ジャンカの確認は困難であった。

【0075】

3. 第2の実施形態

(1)全体構成

図11にこの発明の他の実施形態による充填不良検出システムの全体構成を示す。この実施形態では、充填不良検査制御装置10は、加熱制御手段11、データ記録手段13、波形比較手段12、比較結果出力手段14を備えている。データ記録手段13は、少なくとも加熱終了後の、各単位領域における表面温度を連続的に記録する。波形比較手段12は、各単位領域における表面温度の時間的变化波形と、所定周期を有する参照波形との位相差を算出する。比較結果出力手段14は、当該位相差を出力するものである。

【0076】

外観やハードウェア構成は、第1の実施形態と同じである。ただし、ハードディスク3に記録された充填不良検出プログラムが、第1の実施形態と異なっている。

【0077】

(2)フロー・チャート

図12に、不良充填検出プログラムのフロー・チャートを示す。まず、CPU30は、信号発生装置27に対し、通信回路39を介して加熱条件を出力する(ステップS401)。この実施形態では、加熱時間が1.5分、加熱強度が38.8kW(ヒーター出力)で一定となるような加熱条件を出力している。なお、加熱距離を0.5mとしている。

前記加熱条件は、信号発生装置27に与えられ、波形信号に変換されてリレー装置25に出力される。リレー装置25は、入力した波形信号に基づいてヒーター21を作動させる。これにより、所定の加熱条件で被検査体20に熱負荷を与える。

【0078】

ここでは、図14に示すように、加熱時間が1.5分、加熱強度が38.8kWで一定となるような熱負荷が与えられることになる。

【0079】

次に、CPU30は、加熱停止から(ステップS402)、通信回路39を介して、赤外線カメラ23の出力(表面温度データ)を取り込み、ハードディスク35に記録する(ステップS403)。CPU30は、この表面温度データの記録を、予め定められた測定終了時刻(加熱停止から3分などの所定時間)まで、連続して実行する(ステップS404)。

【0080】

なお、加熱開始後からの表面温度データを連続的に取り込んで記録しておき、加熱停止からのデータのみを読み出すようにしてもよい。

【0081】

赤外線カメラ23は、図6に示すように、計測対象の各単位領域P_{1,1~P_k,j}についての表面温度を出力する。つまり、計測対象表面を、縦k、横jのマトリクスとし、それぞれの単位領域の表面温度を計測するものである。したがって、ハードディスク35には、図15に示すように、各単位領域P_{1,1~P_k,j}について、時刻t₁(加熱終了時)から時刻t_N(計測終了時)までの表面温度データ記録される。なお、この実施形態では、赤外線強度を記録するようにしている。

【0082】

図16に、健全部における表面温度の変化波形と、充填不良部における表面温度の変化波形とを示す。CPU30は、この両者の波形の違いが明瞭となるような画像を生成して出力する。この実施形態では、温度変化の波形と所定周期を有する参照波形との位相差を算出し、当該位相差に基づく画像を生成するようにしている。

【0083】

CPU30は、ステップS405において、各単位領域P_{1,1~P_k,j}の表面温度の変化波形と、参照波形との位相差を算出する。図13に、位相差算出処理のフロー・チャートを示す。ここで、測定領域の各単位領域毎の表面温度データをKで表し、時刻t、単位領域x,yにおける温度をK_{t,x,y}とする。CPU30は、このK_{t,x,y}を各領域毎にハードディスク35から呼び出し、メモリ31に記憶する。

【0084】

まず、CPU30は、ステップS501において、単位領域のインデックスx,yをそれぞれ「1」に設定する。次に、単位領域P_{1,1}の表面温度データ波形と、周期100秒の参照波形(sin波)との位相差を算出する(ステップS502)。なお、参照波としては、図14に示すようなサイン波を用いる。

【0085】

この実施形態では、下記に基づいて、位相差を算出するようにしている。まず、下式により、参照波形に同期する表面温度波形の変動振幅K_{sin}と参照波形と90度位相がず

10

20

30

40

50

れたcos波に同期する表面温度波形の変動振幅 $K \cos$ を算出する。

【0086】

【数1】

$$\Delta K_{sin} = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N K(t) \cdot \sin(t)$$

$$\Delta K_{cos} = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N K(t) \cdot \cos(t)$$

10

【0087】

ここで、Nは、表面温度データの取り込みフレーム数である(図15の $t_1 \sim t_N$ のN個)。K(t)は、時刻tにおけるP1,1の表面温度データ値を示している。Sin(t)は、時刻tにおける参照波形(sin波)の振幅値を示している。Cos(t)は、時刻tにおける参照波形と90度位相がずれた波形(cos波)の振幅値を示している。なお、参照波形の振幅値の最大値は、例えば「1」とすればよい。

【0088】

次に、次式により温度変動振幅の絶対値 K および位相差 θ を算出する。

20

【0089】

【数2】

$$\Delta K = \sqrt{\Delta K_{sin}^2 + \Delta K_{cos}^2}$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta K_{sin}}{\Delta K_{cos}}$$

30

【0090】

CPU30は、このようにして算出した単位領域P1,1における位相差 $1,1$ を、上記参照波形の周期に対応付けてハードディスク35に記録する。

【0091】

次に、xを1増やして、ステップS502以下を繰り返す。つまり、単位領域P1,2について、上記と同じようにして位相差 $1,2$ を算出して記録する。xが1ラインの画素数Jを超えると、つまり、1ラインの画素全てについて位相差を算出すると(ステップS504)、yを1増やし、xを「1」として、ステップS502以下を繰り返す。つまり、単位領域P2,1について、上記と同じようにして位相差 $2,1$ を算出して記録する。以後、この処理を繰り返して、単位領域PJ,Kまでの全ての単位領域について、位相差 $1,1 \sim J, K$ を算出する。そして、これらをハードディスク35に記録する。

【0092】

このようにして、各単位流域ごとに、周期100秒の参照波形についての位相差を算出すると、図12のステップS406に戻る。ステップS406では、CPU30は、各単位領域P1,1～PJ,Kにおける位相差 $1,1 \sim J, K$ を濃度差として表した画像を生成する。さらに、これを、ディスプレイ33に表示する(ステップS407)。あるいは、プリンタ(図示せず)からプリントアウトする。操作者は、この画像を見て、充填不良部を判断することができる。

【0093】

なお、上記では、1つの所定周期の参照波形に対する位相差を算出して画像化している

50

が、異なる周期の参照波形について位相差を算出し、複数の画像を出力するようにしてもよい。これにより、何れかの周期にて充填不良部を見いだすことが可能となる。

【0094】

また、上記実施形態では、画像を出力し、作業者が充填不良を検出するようにしている。しかし、CPU30が、位相差に基づいて充填不良部を判断し、当該充填不良部の位置を出力するようにしてもよい。この場合、CPU30は、全単位領域における位相差の平均値を算出し、当該平均位相差に対して所定値以上の違いがある位相差を持つ領域を、充填不良部と判断する。また、予め、健全部の位相差が分かっている場合には、当該健全部の位相差に対して所定値以上異なる位相差を有する領域を、充填不良部と判断してもよい。CPU30は、このようにして検出した充填不良部（不良とされた単位領域全て、もしくは重心）の座標値をディスプレイ33に表示する。

10

【0095】

この実施形態では、所定周期の参照波形との位相差を算出し、これによって、温度変化波形の所定周期成分における違いを見いだして、充填不良部を検出するようにしている。しかし、各単位領域における波形形状の違いを直接的に比較して、充填不良部を検出するようにしてもよい。また、各単位領域における温度変化波形を、FFTなどによってフーリエ変換し、各周波数成分の強度や位相の違いに基づいて、充填不良部を検出するようにしても良い。

20

【0096】

(4) 実施例

本実施形態によるコンクリート充填不良の検出精度を確認するための実験を行った。ここでは、第1の実施形態において用いた模擬ジャンカと同じ、図9に示すものを用いて実験を行った。加熱条件は、第1の実施形態の場合と同じとした。

参照波形の周期を100秒とした場合、300秒とした場合について、位相差を算出し、位相差画像を生成した。図9のNo.1のものの測定表面温度波形と、周期100秒の参照波形との位相差による画像を、図17Aに示す。模擬ジャンカ23dが明瞭に確認できる。また、周期300秒の参照波形との位相差画像を、図17Bに示す。この画像においても、模擬ジャンカ23dを明瞭に確認することができる。

30

【0097】

図9のNo.2のものの測定表面温度波形と、周期100秒の参照波形との位相差による画像を、図17Cに示す。模擬ジャンカ23dを確認することができる。また、周期300秒の参照波形との位相差画像を、図17Dに示す。この画像においても、模擬ジャンカ23dを明瞭に確認することができる。特に、第1の実施形態では判別困難であったNo.2の模擬ジャンカが検出可能となっている。これは、単なる温度差を比較するよりも、温度変化の波形を比較する方が、充填不良部を発見しやすい場合があることを示している。

30

【0098】

4. その他の適用例

上記実施形態では、型枠にコンクリートを流し込んだ際の充填不良（ジャンカ）を検出する場合を示した。しかし、柱や壁などの補強を行う際に用いられる巻立工法についても、同じように適用することができる。図18に示すように、巻立工法においては、柱や壁などの既設コンクリート部材70の周囲に、鋼板などの補強材74を配置する。次に、既設コンクリート部材70と、補強材74との間に、モルタルコンクリート72などを流し込んで充填する。この場合において、モルタル充填時、補強材74は、モルタルコンクリート72を流し込むための型枠として機能している。

40

モルタルコンクリート72を流し込んだ後、第1、第2の実施形態の装置を用いて、補強材74の四方の各面を加熱して測定すれば、充填不良部76を検出することができる。

【0099】

なお、この巻立工法に適用する場合においても、第1第2の実施形態と同じように、モルタルが硬化した後の検査を行うことも可能である。

50

【図面の簡単な説明】**【0100】**

【図1】この発明の一実施形態における充填不良検出システムの機能ブロック図を示す図である。

【図2】図2Aは、人工欠陥供試体を示す図である。図2B、Cは、当該供試体を加熱した後に計測した表面温度分布である。

【図3】この発明の一実施形態による充填不良検出システムの外観構成図である。

【図4】図3のシステムを構成するコンピュータ装置のハードウェア構成である。

【図5】不良充填検出プログラムのフローチャートである。

【図6】赤外線カメラによって測定する単位領域を示す図である。

10

【図7】ジャンカ検出を実験するための供試体を示す図である。

【図8】測定結果画像を示す図である。

【図9】ジャンカ検出を実験するための供試体を示す図である。

【図10】測定結果画像を示す図である。

【図11】他の実施形態における充填不良検出システムの機能ブロック図を示す図である。

【図12】不良充填検出プログラムのフローチャートである。

【図13】不良充填検出プログラムのフローチャートである。

【図14】加熱時間と、参照波形との関係を示す図である。

【図15】ハードディスクに記録される温度変化データの例を示す図である。

20

【図16】健全部と充填不良部の温度変化波形を示すグラフである。

【図17】各単位領域における参照波形との位相差を示す画像である。

【図18】巻立工法における適用を示すための図である。

【符号の説明】**【0101】**

10 . . . 充填不良検査制御装置

11 . . . 加熱制御手段

12 . . . 波形比較手段

13 . . . データ記録手段

14 . . . 比較結果出力手段

30

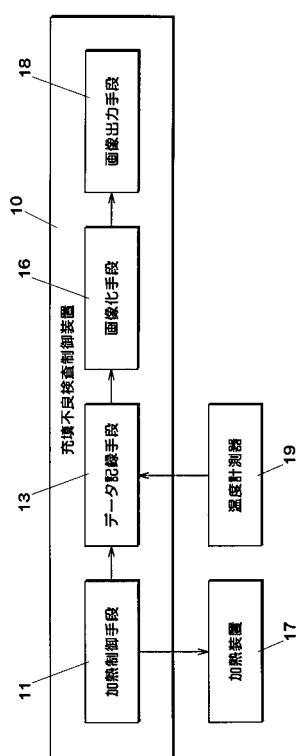
16 . . . 画像化手段

17 . . . 加熱装置

18 . . . 画像出力手段

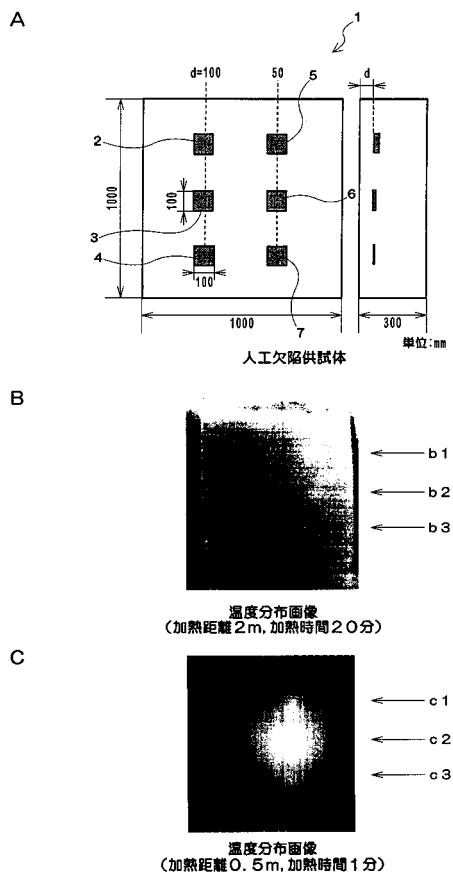
19 . . . 温度計測器

【図1】



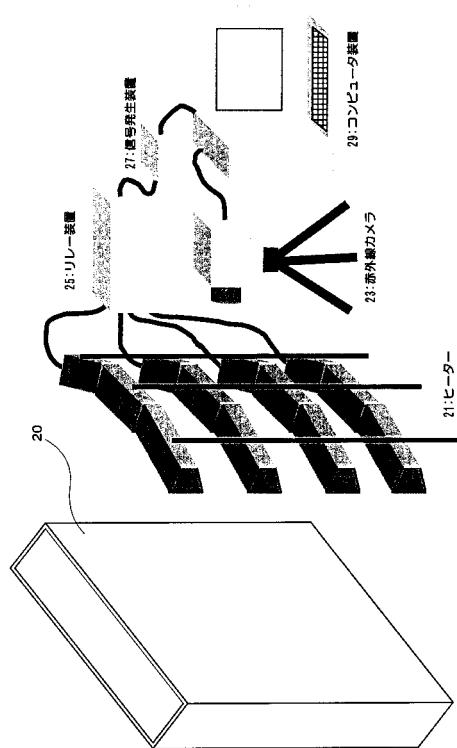
05C03001

【図2】



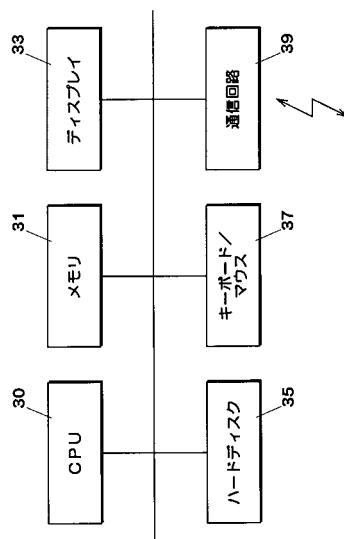
05C03002

【図3】



05C03003

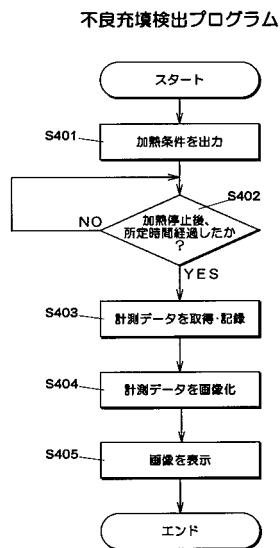
コンピュータ接続のハードウェア構成



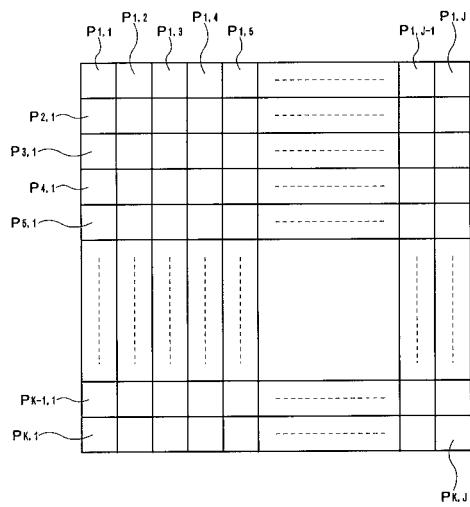
05C03004

【図4】

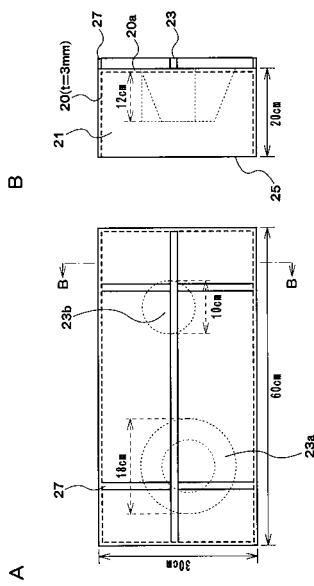
【図5】



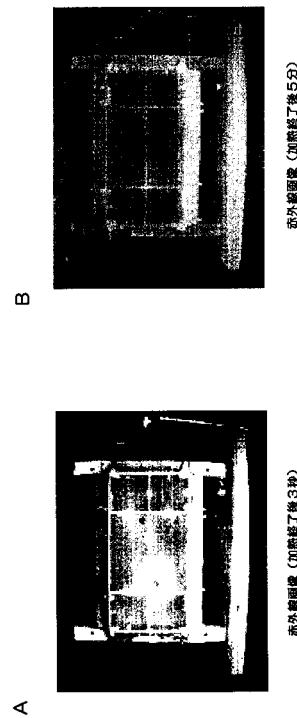
【図6】



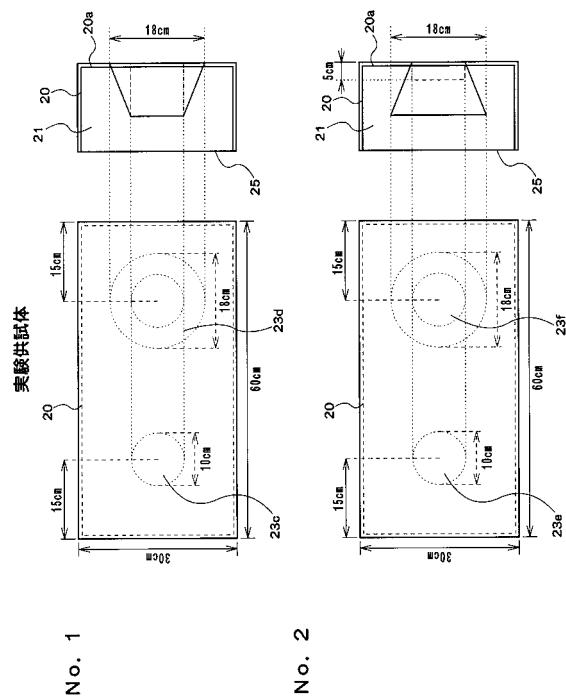
【図7】



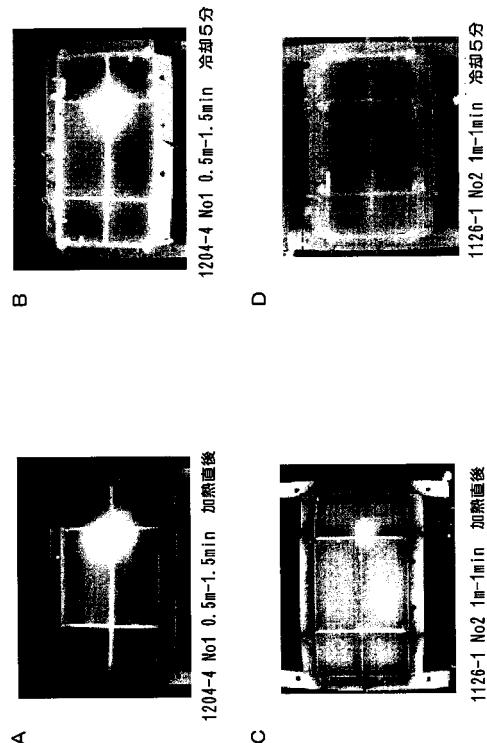
【図8】



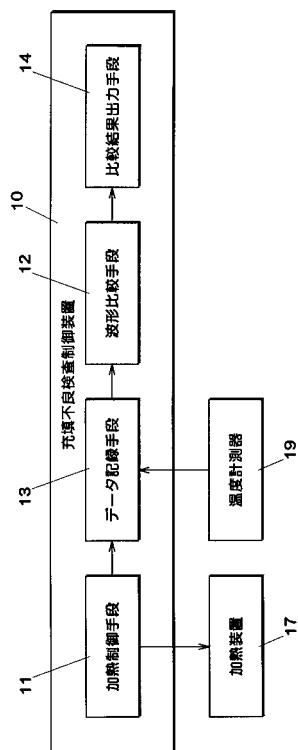
【図9】



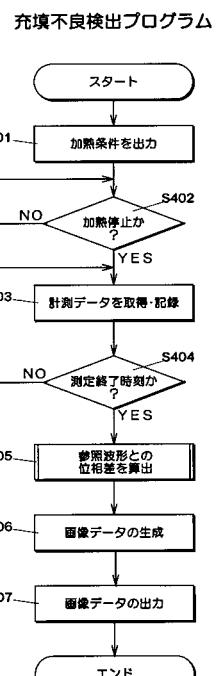
【 図 1 0 】



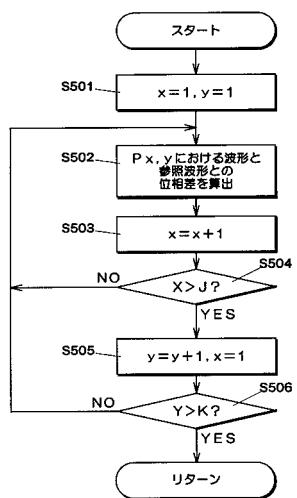
〔 四 1 1 〕



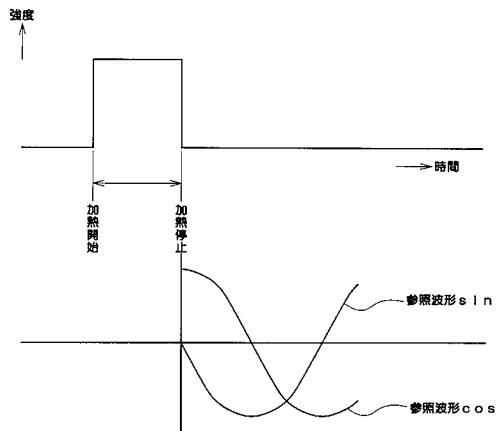
【 図 1 2 】



【図13】



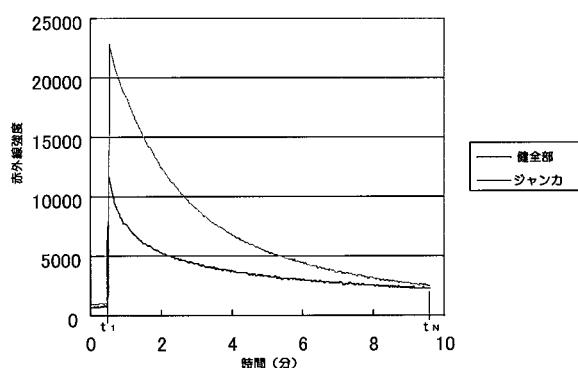
【図14】



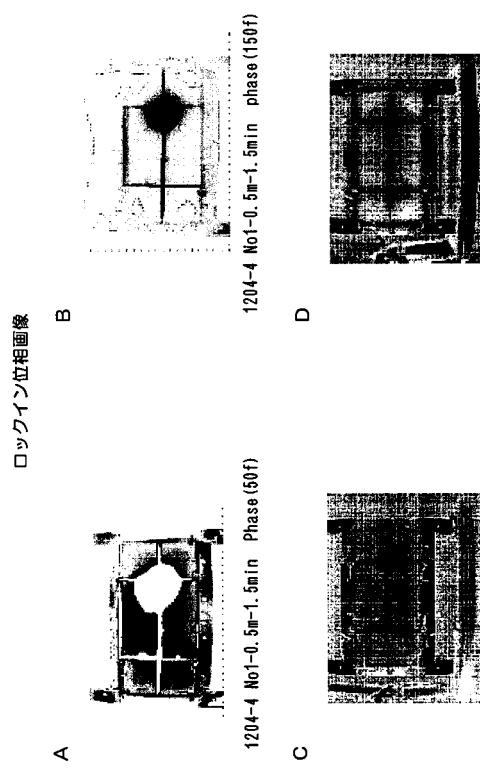
【図15】

時間 単位領域	t1	t2	-----	tn
P1,1	1201	1199		
P1,2	1202			
⋮	⋮	⋮		
P1,J	1200			
P2,1	2315			
P2,2	2312			
⋮	⋮	⋮		
Pk,J	1211			

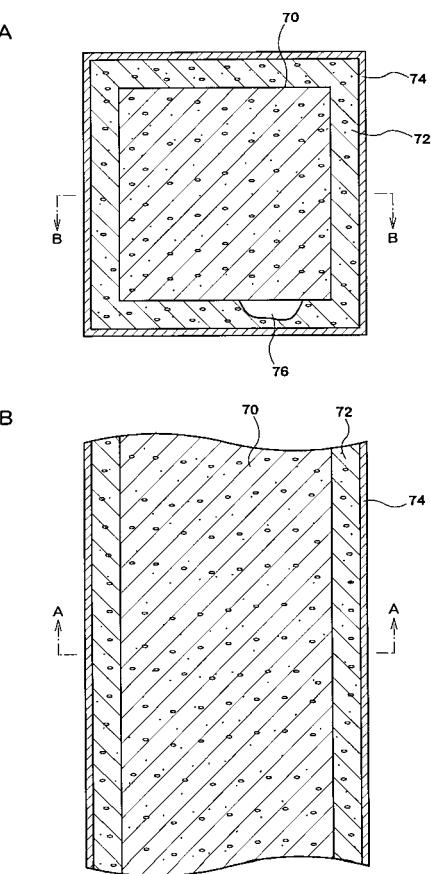
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 士郎
東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

(72)発明者 内田 美生
東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

(72)発明者 阪上 隆 英
兵庫県神戸市東灘区御影山手 2 丁目 6 番 2 - 3 1 7 号

(72)発明者 原田 修輔
東京都千代田区六番町 6 番地 2 8 住友大阪セメント株式会社内

F ターム(参考) 2G040 AA07 AB08 BA02 BA25 CA02 CA23 DA06 DA15 EA02 EC03
HA02