

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3494429号
(P3494429)

(45)発行日 平成16年2月9日(2004.2.9)

(24)登録日 平成15年11月21日(2003.11.21)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

Z

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

J

請求項の数 2 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-171200

(22)出願日 平成10年6月18日(1998.6.18)

(65)公開番号 特開2000-2523(P2000-2523A)

(43)公開日 平成12年1月7日(2000.1.7)

審査請求日 平成13年6月1日(2001.6.1)

(73)特許権者 000000549

株式会社大林組

大阪府大阪市中央区北浜東4番33号

(73)特許権者 390001421

学校法人早稲田大学

東京都新宿区戸塚町1丁目104番地

(72)発明者 山田 守

東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会

社大林組技術研究所内

(72)発明者 奥田 浩文

東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会

社大林組技術研究所内

(74)代理人 100099704

弁理士 久寶 聡博

審査官 福田 裕司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 構造物表面のひび割れ計測方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 ひび割れ計測の対象となる構造物表面を撮影することによって原画像データを作成し、該原画像データを用いて前記構造物表面のひび割れを計測する方法であって、前記原画像データの画像領域のうち、特定されたひび割れ探査領域を所定のしきい値で2値化処理し、しかる後に該2値化処理されたデータを用いてひび割れを抽出する第1のステップと、未抽出のひび割れが存在する可能性のある画像領域を新たなひび割れ探査領域として特定する第2のステップと、該新たなひび割れ探査領域を前記しきい値よりも低いしきい値で2値化処理し、しかる後に該2値化処理されたデータを用いて新たなひび割れを抽出する第3のステップとからなり、前記第2のステップは、前記第1のステップにおいて2値化処理されたデータから黒画素を抽出するとともに、抽

2

出された各黒画素について該黒画素を含む所定の単位領域をそれぞれ定め、それらの単位領域のうち、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出してそれら選び出された単位領域の包絡線を前記新たなひび割れ探査領域として特定することを特徴とする構造物表面のひび割れ計測方法。

【請求項2】 前記単位領域に占める白の画素数若しくは黒の画素数を計数し、該白の画素数若しくは黒の画素数の占有比率に応じて未抽出のひび割れが存在する可能性を判断する請求項1記載の構造物表面のひび割れ計測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主としてRC構造物の表面に生じているひび割れを計測する構造物表面の

10

ひび割れ計測方法に関する。

【0002】

【従来の技術】RC構造物は、圧縮に抵抗するコンクリートと引張に抵抗する鉄筋とのいわばハイブリッド構造であるため、コンクリートにはさまざまな原因でひび割れが生じるが、このようなコンクリート表面に発生したひび割れは、地震後における被災度診断、耐震補強の必要性、鉄筋腐食等に関するRC材料の健全性などを知る手がかりとなることが多く、したがって、ひび割れを高い精度で分析していくことは、構造物の健全性を維持する上で重要な事項となる。

【0003】ここで、コンクリート面に生じているひび割れを分析するにあたっては、従来は目視によってひび割れの分布状況を観察し、これを紙にスケッチするとともに、必要に応じて該ひび割れの長さや幅をスケール等で計測し、かかるスケッチや計測データに基づいて上述した耐震性の検証や耐震補強の必要性、RC材料の健全性、地震特性の推測などを行うのが一般的であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような方法では、ひび割れの観察や計測に多くの時間と人手がかかるとともに、かかる作業に十分な経験を要するため、作業員の熟練度の違いに起因するばらつきが生じ、信頼性に欠ける面があるという問題を生じていた。また、精度の高い観察結果や計測データが得られたとしても、それらに基づいて耐震性等に関する分析を行うにあたっては、やはり経験的判断に頼らざるを得ない面もあり、客観性に欠けるという問題も生じていた。

【0005】本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、構造物表面に生じているひび割れを正確かつ迅速にしかも客観的な分析が行いやすい形で計測することが可能な構造物表面のひび割れ計測方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明に係る構造物表面のひび割れ計測方法は請求項1に記載したように、ひび割れ計測の対象となる構造物表面を撮影することによって原画像データを作成し、該原画像データを用いて前記構造物表面のひび割れを計測する方法であって、前記原画像データの画像領域のうち、特定されたひび割れ探査領域を所定のしきい値で2値化処理し、しかる後に該2値化処理されたデータを用いてひび割れを抽出する第1のステップと、未抽出のひび割れが存在する可能性のある画像領域を新たなひび割れ探査領域として特定する第2のステップと、該新たなひび割れ探査領域を前記しきい値よりも低いしきい値で2値化処理し、しかる後に該2値化処理されたデータを用いて新たなひび割れを抽出する第3のステップとからなり、前記第2のステップは、前記第1のステップにおいて2値化処理されたデータから黒画素を抽出するとと

もに、抽出された各黒画素について該黒画素を含む所定の単位領域をそれぞれ定め、それらの単位領域のうち、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出してそれら選び出された単位領域の包絡線を前記新たなひび割れ探査領域として特定するものである。

【0007】

【0008】また、本発明に係る構造物表面のひび割れ計測方法は、前記単位領域に占める白の画素数若しくは黒の画素数を計数し、該白の画素数若しくは黒の画素数の占有比率に応じて未抽出のひび割れが存在する可能性を判断するものである。

【0009】本発明に係る構造物表面のひび割れ計測方法においては、まず、ひび割れ計測の対象となる構造物の表面を撮影することによって原画像データを作成する。ここで、構造物の表面に影が映り込んだり照度が不均一であったために原画像データに明暗が生じている場合には、必要に応じてシェーディング補正を行う。

【0010】次に、作成された原画像データの画像領域のうち、最初は例えば撮影範囲全部を特定されたひび割れ探査領域とし、かかるひび割れ探査領域を所定のしきい値で2値化処理する。この場合のしきい値はかなり高めに設定し、できるだけノイズを除去するとともに明らかにひび割れと判別できるものだけが抽出されるようにする。したがって、この段階では細いひび割れは抽出されない。

【0011】次に、2値化処理されたデータを用いてひび割れを抽出するとともに未抽出のひび割れが存在する可能性のある画像領域を新たなひび割れ探査領域として特定する。

【0012】ここで、未抽出のひび割れが存在する可能性があるかどうかは、2値化画像を見ながら経験的に判断するようにしてもよいが、前記2値化処理されたデータから黒画素を抽出するとともに、抽出された各黒画素について該黒画素を含む所定の単位領域をそれぞれ定め、それらの単位領域のうち、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出してそれら選び出された単位領域が包含される領域を前記新たなひび割れ探査領域として特定するようにしたならば、太いひび割れから分岐派生する、あるいは該太いひび割れに近接して存在するより細いひび割れを確実にかつ効率的に抽出することが可能となる。

【0013】また、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出す際、前記単位領域に占める白の画素数若しくは黒の画素数を計数し、該白の画素数若しくは黒の画素数の占有比率に応じて未抽出のひび割れが存在する可能性を判断するようにしたならば、かかる判断を客観的にかつ短時間に行うことが可能となる。

【0014】次に、特定された新たなひび割れ探査領域を一回目のしきい値よりも低いしきい値で2値化処理し、しかる後に該2値化処理されたデータを用いて新た

なひび割れを抽出する。この段階では、一回目で抽出されたひび割れに加えてそれよりも細かいひび割れも抽出される。

【0015】このように、特定されたひび割れ探査領域を2値化処理してひび割れを抽出するとともに、その時点では抽出されなかったけれども存在の可能性がある領域を新たにひび割れ探査領域とし、該新たなひび割れ探査領域を前ステップで用いたしきい値よりも低いしきい値で2値化処理して新たなひび割れを抽出するという手順を、所望の精度のひび割れが抽出されるまで繰り返す。

【0016】このようにすると、ひび割れ探査領域を段階的に拡張しながらその拡張に伴って抽出精度も段階的に上がっていくこととなる。

【0017】なお、本発明で言うところの構造物は、主としてRC構造物を対象とするが、PC構造物や無筋コンクリート構造物等のコンクリート系構造物はもちろんのこと、鋼構造物に対しても、その溶接部分のひび割れや局部座屈状況等の調査を目的として本発明を適用することが可能である。

【0018】また、本発明に係る構造物表面のひび割れ計測方法は、構造物のひび割れが、該構造物に作用する外部応力や内部応力に起因して発生するため、その形状や長さあるいは幅に関わらず、互いに連続若しくは接近した位置関係で発生することが多いという現象に着目したものであり、互いに無関係な位置で発生している製品の傷や欠陥といったものを発見するための画像処理方法とは一線を画するものと言える。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る構造物表面のひび割れ計測方法の実施の形態について、添付図面を参照して説明する。なお、従来技術と実質的に同一の部品等については同一の符号を付してその説明を省略する。

【0020】図1は、本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法の手順を示したフローチャートである。同図でわかるように、本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法においては、まず、ひび割れ計測の対象となる構造物、例えば地震によってひび割れが生じたRC柱の表面を撮影し、これを原画像データとする(ステップ101)。

【0021】撮影手段としてはテレビカメラやCCDカメラを用いることができるが、CCDカメラを使用すれば、A/Dコンバータを用いることなく、該カメラから出力されるデジタル画像データをそのまま原画像データとすることができる。

【0022】ここで、構造物であるRC柱の表面を撮影する際、通常、木や建物等の影もいっしょに撮影してしまうことが多いが、このような陰は、原画像データの濃度ムラとなってひび割れ計測の精度を低下させることとなる。また、室内加力試験であっても、構造物表面の照

度は必ずしも均一ではないので、これを撮影した原画像データにはやはり濃度ムラが生じていることが多い。

【0023】したがって、かかる濃度ムラを除去すべく、2値化処理を行う前に原画像データに対してシェーディング補正を行う(ステップ102)。

【0024】シェーディング補正を行うにあたっては、RC柱の表面に白板を設置し、かかる状態で白板を撮影して補正用データを作成する。そして、かかる補正用データでRC柱の表面を撮影した原画像データを除して、若しくは原画像データから補正用データを差し引いて原画像データの明るさの補正を行う。このようにすれば、RC柱表面の明暗分布が相殺されてRC柱の表面状態だけを画像として残すことができる。

【0025】次に、シェーディング補正を行って得られた原画像データの画像領域のうち、例えば撮影範囲全部を特定されたひび割れ探査領域とし、かかるひび割れ探査領域を所定のしきい値で2値化処理するとともに(ステップ103)、2値化処理されたデータを用いてひび割れを抽出する(ステップ104)。

【0026】この場合(最初)のしきい値はかなり高めに設定し、できるだけノイズを除去するとともに明らかにひび割れと判別できるものだけが抽出されるようにする。このようにすれば、コンクリート表面の汚れや気泡といったひび割れ以外のノイズを大部分除去することができる。なお、シェーディング補正された原画像データは、後述するようにしきい値を下げながら2値化をやり直していく際、そのつど必要となるので、適当な記憶装置に記憶しておき、2値化をやり直す際、随時読み出すようにすればよい。

【0027】図2は、かかる段階での2値化画像を示したものである。同図でわかるように、特定されたひび割れ探査領域2内で太いひび割れ1が抽出されている。なお、この段階では細かいひび割れは未だ抽出されていない。

【0028】次に、図3に示すように、かかる2値化画像データを用いて未抽出のひび割れが存在する可能性のある画像領域2aを新たなひび割れ探査領域として特定する(ステップ105)。

【0029】未抽出のひび割れが存在する可能性があるかどうかは、まず、2値化処理されたデータから黒画素を抽出するとともに、抽出された各黒画素、例えば図4の黒画素21について該黒画素を含む単位領域を定める。

【0030】すなわち、単位領域の大きさを同図のように9画素×9画素とすれば、黒画素21を含むような単位領域の定め方は、全部で81通り存在し、同図に示した単位領域22a、22b、22c、22dは、それぞれ該黒画素が右下、左下、右上、左上にくるような場合を示したものであり、単位領域22eは、黒画素21が中間にくる一般的な場合を示したものである。

【0031】次に、黒画素21について81通り存在する各単位領域22a、22b・・・について、各単位領域に占める黒の画素数を計数し、該黒の画素数の占有比率に応じて未抽出のひび割れが存在する可能性を判断する。かかる判断においては、例えば、各単位領域の全画素数（すなわち81）に対する黒の画素数の割合が10%以上であるとき、未抽出の新たなひび割れが存在する可能性があるといった基準を設定することが可能である。

【0032】これを単位領域22eについて具体的に調べてみると、黒の画素数は11であるので、上述の比率は $11/81 = 13.6\%$ となり、未抽出のひび割れが存在する可能性があるとの判断を下すことができる。同様に単位領域22aについても未抽出のひび割れありと判断することができる。一方、単位領域22b、22c、22dについては、それぞれ黒画素が黒画素21自身を含めてそれぞれ1、2、1しか存在せず、上述の基準を満たさないのひび割れが存在する可能性はないと判断する。

【0033】このような作業を他の黒画素についてもそれぞれ行い、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出す。そして、それら選び出された単位領域が包含される領域、言い換えれば選び出された単位領域の包絡線を図3に示すように新たなひび割れ探査領域2aとして特定する。

【0034】このように2値化処理されたデータを用いて未抽出のひび割れが存在する可能性のある新たなひび割れ探査領域2aを特定したならば（ステップ105）、次に、原画像データの画像領域のうち、特定された新たなひび割れ探査領域2aについてだけ最初のしきい値よりも低いしきい値であらためて2値化処理をやり直し、新たなひび割れを抽出する（ステップ106）。

【0035】図6は、かかる段階での2値化画像を示したものである。同図でわかるように、この段階では太いひび割れ1とともに、細かいひび割れ4も抽出されている。

【0036】次に、さらに細かいひび割れを抽出したければ、図6に示した2値化画像データを用いて上述したと同じ手順で未抽出のひび割れが存在する可能性のあるひび割れ探査領域2bを図7に示すように特定し（ステップ105）、次いで、かかるひび割れ探査領域2bに対し、シェーディング補正された原画像データをさらに低いしきい値で2値化処理してひび割れを抽出する（ステップ106）。なお、図7でわかるように、ひび割れ探査領域2bは、あらたに抽出されたひび割れ4の分だけ、ひび割れ探査領域2aよりも拡張されている。

【0037】このように、特定されたひび割れ探査領域に対して原画像データを2値化処理してひび割れを抽出するとともに、その時点では抽出されなかったけれども存在の可能性のある領域をそのときの2値化処理データ

を用いて新たなひび割れ探査領域として特定し、該新たなひび割れ探査領域に対し、原画像データを前回のしきい値よりも低いしきい値で2値化処理して新たなひび割れを抽出するという手順（ステップ105～106）を、所望の精度のひび割れが抽出されるまで繰り返す。

【0038】なお、ひび割れが所望の精度まで抽出された後は、モニターで表示されたあるいはプリントアウトされた画像を見て耐震診断、被災度判定等を行ったり、さらにその2値化画像を任意の方法で画像処理してひび割れの幅や長さなどを解析すればよい。例えば、2値化画像に対してベクトル化処理を行うことにより、ひび割れの位置、長さ及び幅を定量的なデジタルデータとして得ることができる。

【0039】以上説明したように、本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法によれば、ひび割れ探査領域を段階的に拡張しながら、その拡張に伴って2値化の精度を段階的に上げていくこととなる。

【0040】したがって、撮像された全範囲を最初から高い精度で、言い換えれば低いしきい値で2値化処理した場合に多数のノイズが含まれてしまったり、逆に高いしきい値で2値化処理した場合にノイズは除去できるが細かいひび割れも同時に除去されてしまうといった問題を未然に回避しながら、ひび割れ抽出における効率と精度とを両立させることができる。

【0041】また、本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法によれば、2値化処理されたデータから黒画素を抽出するとともに、抽出された各黒画素、例えば黒画素21について該黒画素を含む9画素×9画素の単位領域22a、22b、22c・・・を定め、それらの単位領域のうち、未抽出のひび割れが存在する可能性のある単位領域を選び出してそれら選び出された単位領域が包含される領域を新たなひび割れ探査領域として特定するようにしたので、太いひび割れから分岐派生する、あるいは該太いひび割れに近接して存在するより細かいひび割れを確実にかつ効率的に抽出することが可能となる。

【0042】また、本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法によれば、単位領域に占める黒の画素数を計数し、該黒の画素数の占有比率に応じて未抽出のひび割れが存在する可能性を判断するようにしたので、かかる判断を客観的にかつ短時間に行うことが可能となる。

【0043】本実施形態では、原画像データに含まれている濃度ムラを除去すべく、シェーディング補正を行うようにしたが、室内加力試験等で照明がきわめて均一になされているような場合については、かかるシェーディング補正を省略してもよい。

【0044】

【発明の効果】以上述べたように、請求項1に係る本発明の構造物表面のひび割れ計測方法によれば、ひび割れ探査領域を段階的に拡張しながら、その拡張に伴って2値化の精度を段階的に上げていくこととなる。したがっ

て、撮像された全範囲を最初から高い精度で、言い換えれば低いしきい値で2値化処理した場合に多数のノイズが含まれてしまったり、逆に高いしきい値で2値化処理した場合にノイズは除去できるが細いひび割れも同時に除去されてしまうといった問題を未然に回避しながら、ひび割れ抽出における効率と精度とを両立させることができる。さらに、太いひび割れから分岐派生する、あるいは該太いひび割れに近接して存在するより細いひび割れを確実にかつ効率的に抽出することが可能となるという効果も奏する。

【0045】

【0046】また、請求項2に係る本発明の構造物表面のひび割れ計測方法によれば、未抽出のひび割れが存在するかどうかを客観的にかつ短時間に判断することが可能となるという効果も奏する。

【0047】

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る構造物表面のひび割れ計測方法の手順を示したフローチャート。

【図2】最初の段階での2値化画像を示した図。

【図3】未抽出のひび割れが存在する可能性のある新たなひび割れ探査領域2aを最初の2値化画像とともに示

した図。

【図4】未抽出のひび割れが存在する可能性のあるひび割れ探査領域を特定する方法を示した図。

【図5】引き続き未抽出のひび割れが存在する可能性のあるひび割れ探査領域を特定する方法を示した図。

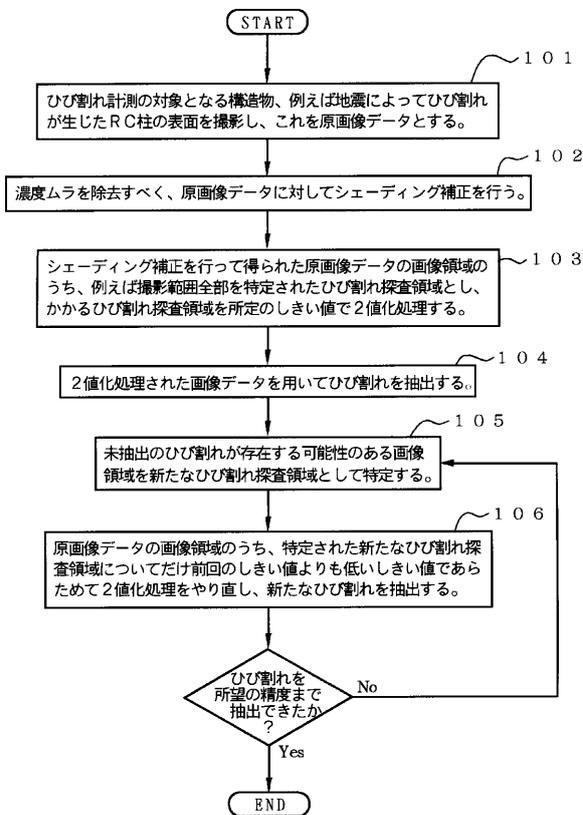
【図6】第2段階での2値化画像を示した図。

【図7】未抽出のひび割れが存在する可能性のある新たなひび割れ探査領域2bを第2段階の2値化画像とともに示した図。

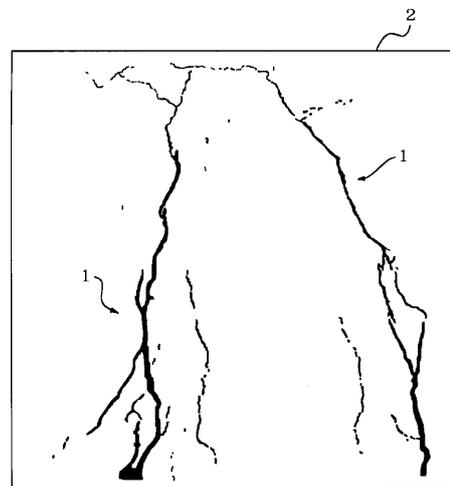
10 【符号の説明】

- 1 第1段階での2値化画像で抽出されたひび割れ
- 2 特定されたひび割れ探査領域
- 2a 特定されたひび割れ探査領域
- 2b 特定されたひび割れ探査領域
- 22a、22b、22c・・・単位領域
- 20 4 第2段階での2値化画像で抽出されたひび割れ

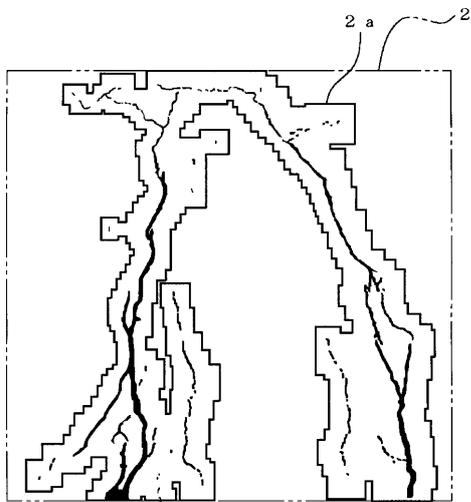
【図1】



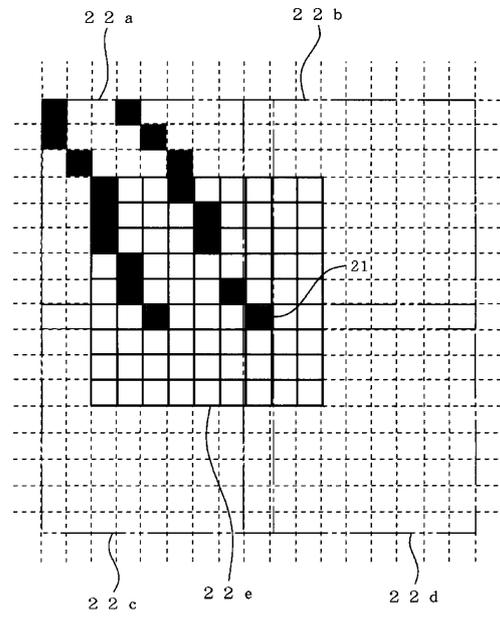
【図2】



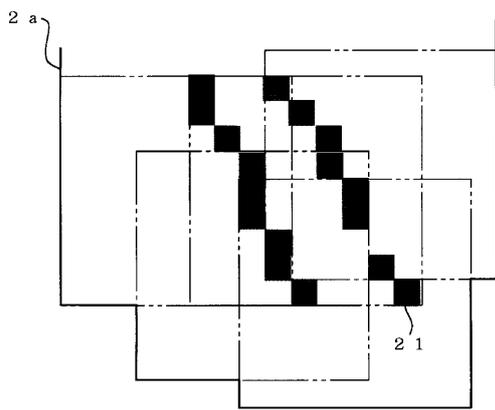
【図3】



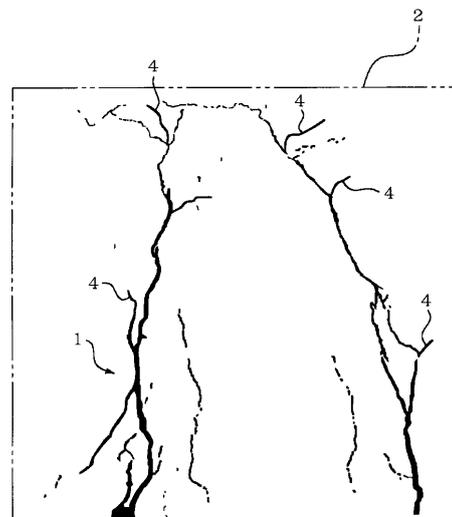
【図4】



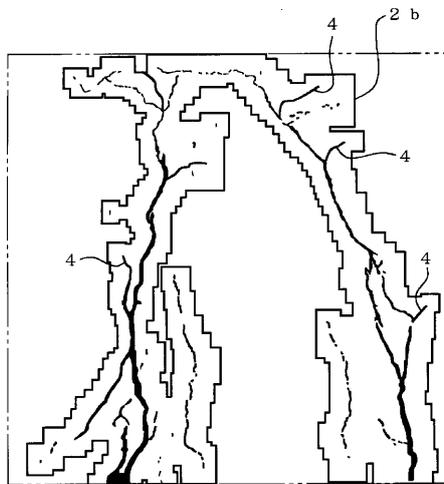
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 大内 一

東京都清瀬市下清戸4丁目640 株式会
社大林組技術研究所内

(72)発明者 橋本 周司

千葉県市川市八幡1 13 - 19

(56)参考文献

特開 平1 - 123374 (J P , A)

特開 平10 - 48152 (J P , A)

特開 平1 - 112382 (J P , A)

特開 平3 - 175343 (J P , A)

特開 平3 - 160349 (J P , A)

特開 平3 - 138775 (J P , A)

特開 平6 - 113139 (J P , A)

特開 平9 - 119900 (J P , A)

特開 昭62 - 284488 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

G01B 11/00 - 11/30

G01N 21/88