

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

control terminal 6 connected to each of the moisture sensor 3 and the weight measuring instrument 4, the control terminal 6 alternately and repeatedly performing a wetting step for controlling a humidity control device 5 and thereby supplying moisture to the inside of the crack, and a drying step for removing the moisture in the crack and the moisture on the exposed surface of the reinforcing rod 12; the control terminal 6 ending the wetting step and starting the drying step when moisture is sensed by the moisture sensor 3 after the wetting step is started, or when a change in the slope of the change in weight of the reinforced concrete test piece 1 is sensed.

(57) 要約: ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる。ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体 1 に含まれる鉄筋 12 の腐食を促進させる腐食促進試験装置 100 において、コンクリート 11 のひび割れ部 13 から露出した鉄筋 12 の傍に配置された水分センサ 3 と、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量を計測する重量計測器 4 と、水分センサ 3 と重量計測器 4 とにそれぞれ接続され、温湿度制御装置 5 を制御することにより、ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤工程と、ひび内部の水分と鉄筋 12 の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を交互に繰り返し行う制御端末 6 と、を備え、制御端末 6 は、湿潤工程を開始した後、水分センサ 3 で水分を検知したとき、又は鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化の傾きの変化を検知したときに、湿潤工程を終了して乾燥工程を開始する。

明 細 書

発明の名称：腐食促進試験方法及び腐食促進試験装置

技術分野

[0001] 本発明は、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる技術に関する。

背景技術

[0002] 鉄筋コンクリートは、内部の鉄筋がコンクリートの強度を高める役割を持つことに加え、アルカリ性のコンクリートが鉄筋を覆うことで内部の鉄筋を防食する複合材料としても知られている。

[0003] 一方、鉄筋コンクリートが所定環境に設置されると、酸素侵入により大気接触面からコンクリートの中性化が徐々に進行し、鉄筋の位置まで進行すると防食性能が失われ、コンクリート内部の鉄筋は、腐食開始状態となる。このことから、RC構造物等では、コンクリートの中性化により鉄筋の腐食が開始するまでの時間の長さによって、その供用期間が評価されている（非特許文献1）。

[0004] 特にコンクリートにひび割れが生じると、コンクリート表面からのひび割れの深さに応じてコンクリートの中性化が進行することが報告されている（非特許文献2）。コンクリートのひび割れは、鉄筋コンクリートの構造に致命的な欠陥である反面、その予知予防は難しく、通常、ひび割れを確認次第速やかに補修又は更改を行う措置が採られている。ひび割れは目視点検により発見されるが、点検を行う時間間隔は対象構造物の数及び保守点検人員の稼働に大きく依存し、ひび割れ発生後の一定期間は放置されることが想定される。

[0005] そこで、現在では、ひび割れ発生後の鉄筋腐食による鉄筋コンクリート構造物の劣化状態を事前に把握することが求められている。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：米澤、外 5 名、“コンクリートの中性化後における鉄筋の腐食速度に関する研究”、日本建築学会構造系論文集、第79巻、第704号、2014年10月、p. 1405-p. 1414

非特許文献2：伊代田、外 1 名、“コンクリートのひび割れが中性化深さに及ぼす影響”、生産研究、50巻、9号、1998年9月、p. 319-p. 321

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ひび割れ発生後の鉄筋腐食による鉄筋コンクリート構造物の劣化状態を事前に把握するためには、鉄筋コンクリート内部の鉄筋を短期間で腐食させる必要がある。しかし、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体の鉄筋を短期間で腐食させる方法是指針化されておらず、鉄筋コンクリート供試体に特化した腐食促進試験方法及びその装置は存在していなかった。

[0008] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の腐食促進試験方法は、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる腐食促進試験方法において、制御端末は、コンクリートのひび割れ部から露出した鉄筋の傍に配置された水分センサと、前記鉄筋コンクリート供試体の重量を計測する重量計測器と、にそれぞれ接続され、水分供給除去装置を制御することにより、ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤ステップと、前記湿潤ステップを開始した後、前記水分センサで水分を検知したとき、又は前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化を検知したときに、前記湿潤ステップを終了し、前記ひび内部の水分と前記鉄筋の露出面の水分とを除去する乾燥ステップと、を交互に繰り返し行う。

[0010] 上記腐食促進試験方法において、前記制御端末は、前記乾燥ステップを開始した後、前記水分センサで水分が検知されなくなったとき、又は前記重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ前記鉄筋コンクリート供

試体の重量が減少したときに、前記乾燥ステップを終了して前記湿潤ステップを開始する。

[0011] 上記腐食促進試験方法において、前記制御端末は、前記鉄筋コンクリート供試体の増加重量を前記ひび内部の水分量とみなし、前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化の検知に代えて、前記ひび内部の水分量の変化の傾きの変化を検知したとき、又は前記ひび内部の水分量が前記ひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したときに、前記湿潤ステップを終了する。

[0012] 上記腐食促進試験方法において、前記制御端末は、前記ひび内部の水分量が前記飽和水分量だけ減少したときに、前記乾燥ステップを終了する。

[0013] 上記腐食促進試験方法において、前記湿潤ステップでは、前記鉄筋コンクリート供試体を水中に浸水させる、又は前記鉄筋コンクリート供試体に水分を噴霧する。

[0014] 本発明の腐食促進試験装置は、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる腐食促進試験装置において、コンクリートのひび割れ部から露出した鉄筋の傍に配置された水分センサと、前記鉄筋コンクリート供試体の重量を計測する重量計測器と、前記水分センサと前記重量計測器とにそれぞれ接続され、水分供給除去装置を制御することにより、ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤工程と、前記ひび内部の水分と前記鉄筋の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を交互に繰り返し行う制御端末と、を備え、前記制御端末は、前記湿潤工程を開始した後、前記水分センサで水分を検知したとき、又は前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化を検知したときに、前記湿潤工程を終了して前記乾燥工程を開始する。

[0015] 上記腐食促進試験装置において、前記制御端末は、前記乾燥工程を開始した後、前記水分センサで水分が検知されなくなったとき、又は前記重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ前記鉄筋コンクリート供試体の重量が減少したときに、前記乾燥工程を終了して前記湿潤工程を開始する。

。

[0016] 上記腐食促進試験装置において、前記制御端末は、前記鉄筋コンクリート供試体の増加重量を前記ひび内部の水分量とみなし、前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化の検知に代えて、前記ひび内部の水分量の変化の傾きの変化を検知したとき、又は前記ひび内部の水分量が前記ひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したときに、前記湿潤工程を終了して前記乾燥工程を開始し、前記ひび内部の水分量が前記飽和水分量だけ減少したときに、前記乾燥工程を終了して前記湿潤工程を開始する。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]鉄筋コンクリート供試体の外観を示す図である。

[図2]腐食促進試験装置の構成を示す図である。

[図3]水分センサの配置例を示す図である。

[図4]腐食促進試験方法の処理フローを示す図である。

[図5]鉄筋コンクリート供試体の重量変化の例を示す図である。

[図6]腐食中及び腐食後の鉄筋の電位測定結果を示す図である。

[図7]腐食させ大気暴露後の鉄筋の電位測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明は、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させるため、コンクリートのひび内部に水分を供給する湿潤工程と、ひび内部の水分と鉄筋の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を繰り返すことを特徴とする。

[0020] ひび割れを有する鉄筋コンクリートの内部では、ひび割れた内壁のコンクリートが中性化し、ひびが鉄筋に到達している場合、鉄筋近傍も中性条件となる。環境内の水分はほぼ中性であることから、ひび内部に水分が侵入すると鉄筋の腐食が進行する。しかし、ひび内部に水分が一定期間滞留すると、

腐食生成物や水分により酸素の拡散が抑止され、又はコンクリートからの水酸化カルシウムの拡散により鉄筋近傍がアルカリ化するので、腐食の進行が停止してしまう。それ故、ひび割れた位置の鉄筋の腐食を促進させるためには、ひび内部の水分のアルカリ化を抑止し、又は酸素を供給することが必要である。

[0021] そこで本発明は、ひび内部の水分のアルカリ化を抑止し、かつ、酸素の供給を促進するため、ひび内部の水分の滞留を妨げるようにする。つまり、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に対して乾燥工程を付与することで、ひび内部の水分を除去する。そして、その後に再度水分を侵入させ、再び乾燥させることを繰り返す。その際、ひび内部の水分量を推定して当該ひび内部の水分量が飽和又は消滅したことを検知したタイミング、又は水分センサでひび割れた内部の水分の有無を検知したタイミングで湿潤工程と乾燥工程とを交互に切り替えることにより、腐食促進試験の時間短縮を図る。

[0022] 以下、本発明を実施する一実施の形態について図面を用いて説明する。

[0023] 図1は、本実施形態で用いる鉄筋コンクリート供試体1の外観を示す図である。鉄筋コンクリート供試体1は、図1に示すように、直方体状のコンクリート11と、コンクリート11の内部に垂直方向に配置された円柱状の鉄筋12と、を備えて構成される。コンクリート11には、鉄筋12の上下方向に対して垂直方向にひび割れたひび割れ部13が形成されている。

[0024] このような鉄筋コンクリート供試体1は、実環境内の鉄筋コンクリート構造物を模擬するため、正面の露出面を除くコンクリート表面を樹脂等で被覆することが望ましい。被覆に用いる樹脂の種類は、例えばエポキシ樹脂等、水分の透過性が低いものが望ましい。被覆の厚さは、1mm以上あることが望ましい。

[0025] 図2は、本実施形態に係る腐食促進試験装置100の構成を示す図である。鉄筋コンクリート供試体1は、図1の奥行き方向に沿って切断した断面を示している。図2に示すように、腐食促進試験装置100は、図1に示した鉄筋コンクリート供試体1に加え、試験槽2と、水分センサ3と、重量計測

器 4 と、温湿度制御装置 5 と、制御端末 6 と、を備えて構成される。

[0026] 試験槽 2 は、鉄筋コンクリート供試体 1 を格納する格納装置である。槽内の温度及び湿度を一定に維持するため、試験槽 2 は、鉄筋コンクリート供試体 1 を密閉できる構造が望ましい。

[0027] 水分センサ 3 は、鉄筋コンクリート供試体 1 のひび割れ部 1 3 から露出した鉄筋 1 2 の傍に配置され、ひび内部の水分を検知したときに、ひび内部に水分があることを示す水分検知信号を制御端末 6 へ出力する機能を備える。水分センサ 3 は、鉄筋 1 2 の露出面の水分量を測定するために鉄筋 1 2 に隣接配置されるが、隣接配置すると鉄筋 1 2 の腐食促進に悪影響を与える可能性があるので、図 3 に示すように鉄筋 1 2 から一定範囲内の近傍位置に配置してもよい。なお、水分センサ 3 の筐体材質は、鉄筋 1 2 の腐食に影響を与えないように、セラミック又はプラスチックであることが望ましい。

[0028] 重量計測器 4 は、試験槽 2 の内部で鉄筋コンクリート供試体 1 の下に配置され、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量を計測し、計測した重量データを制御端末 6 へ送信する機能を備える。

[0029] 温湿度制御装置 5 は、制御端末 6 からの制御信号に基づき、試験槽 2 の内部の温度と湿度をそれぞれ制御する機能を備える。例えば、温度と湿度をそれぞれ調整可能なエアコン、通信機能付きの扇風機、通信機能付きの噴霧器、通信機能付きの給水排水装置等を用いる。温湿度制御装置 5 は、特許請求の範囲に記載された「水分供給除去装置」に相当する。

[0030] 制御端末 6 は、水分センサ 3、重量計測器 4、及び温湿度制御装置 5 にそれぞれ電氣的物理的に接続され、図 2 に示すように、受信部 6 1 と、計算部 6 2 と、記憶部 6 3 と、制御部 6 4 と、を備えて構成される。制御端末 6 は、例えばパソコン等のコンピュータで構成される。

[0031] 受信部 6 1 は、水分センサ 3 から水分検知信号、及び重量計測器 4 から重量データをそれぞれ受信する機能を備える。

[0032] 計算部 6 2 は、重量計測器 4 で計測された鉄筋コンクリート供試体 1 の重量データを用いて、鉄筋コンクリート供試体 1 の増加重量をひび内部の水分

量とみなす推定計算を行い記憶部 6 3 に記憶させる機能を備える。

[0033] 記憶部 6 3 は、計算部 6 2 で推定計算された試験開始後のひび内部の水分量を試験時刻に関連付けてひび内部水分量データとして記憶するとともに、湿潤工程と乾燥工程とを繰り返し行うために予め設定された任意の試験サイクル数を記憶する機能を備える。

[0034] 制御部 6 4 は、温湿度制御装置 5 に制御信号を送信して温湿度制御装置 5 を制御することにより、試験槽 2 内の鉄筋コンクリート供試体 1 に対して、ひび内部に水分を供給する湿潤工程と、ひび内部の水分と鉄筋 1 2 の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を交互に繰り返し行う機能を備える。

[0035] また、制御部 6 4 は、湿潤工程を開始した後、水分センサ 3 で水分を検知したときに、湿潤工程を終了して乾燥工程を開始し、水分センサ 3 で水分が検知されなくなったときに、乾燥工程を終了して湿潤工程を開始する機能を備える。

[0036] また、制御部 6 4 は、湿潤工程を開始した後、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化の傾きの変化を検知したときに、湿潤工程を終了して乾燥工程を開始し、乾燥工程を開始した後、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ鉄筋コンクリート供試体 1 の重量が減少したときに、乾燥工程を終了して湿潤工程を開始する機能を備える。

[0037] また、制御部 6 4 は、記憶部 6 3 に記憶されたひび内部水分量データを参照し、ひび内部の水分量の変化の傾きの変化を検知したとき、又はひび内部の水分量（鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化から推定計算されたひび内部の水分量）がひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したときに、湿潤工程を終了して乾燥工程を開始し、ひび内部の水分量が当該飽和水分量だけ減少したときに、乾燥工程を終了して湿潤工程を開始する機能を備える。

[0038] なお、制御部 6 4 は、水分センサ 3 からの水分検知信号の有無、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量に基づき推定したひび内部の水分量変化のうち、いずれか 1 つのみを用いてもよい、2 つ以上を組み合わせ用いてもよい。

[0039] 次に、腐食促進試験装置１００で行う腐食促進試験方法について説明する。図４は、腐食促進試験方法の処理フローを示す図である。本実施形態では、鉄筋コンクリート供試体１に対して湿潤工程と乾燥工程とを任意の回数繰り返すことで、鉄筋コンクリート供試体１に含まれる鉄筋１２の腐食を促進する。

[0040] ステップＳ１０１；

まず、制御端末６は、試験サイクル数を決定する。試験に用いる試験サイクル数は、記憶部６３に記憶された試験サイクル数を用いてもよいし、試験開始時にユーザが入力した試験サイクル数を用いてもよい。

[0041] ステップＳ１０２（湿潤工程）；

制御端末６は、鉄筋コンクリート供試体１が初めて大気環境に放置されている場合、比較的乾燥した状態にあるので、鉄筋コンクリート供試体１に水分の供給を開始する。例えば、制御端末６は、温湿度制御装置５を用いて試験槽２の内部を加湿する。その他、制御端末６は、給水排水装置を用いて試験槽２に水を供給して鉄筋コンクリート供試体１を水中に浸水させ排出してもよいし、噴霧器を用いてひび割れ部１３に水分を噴霧してもよい。制御端末６は、鉄筋１２の腐食を更に促進させるため、水分ではなく塩水を供給してもよい。

[0042] ステップＳ１０３（湿潤工程）；

次に、制御端末６は、試験開始後に重量計測器４から送信される鉄筋コンクリート供試体１の重量データを用いて、鉄筋コンクリート供試体１の増加重量をひび内部の水分量とみなす推定計算を行い、試験時刻に関連付けて記憶する。

[0043] ステップＳ１０４（湿潤工程）；

次に、制御端末６は、水分がひび内部を満たしたか否かを判定し、水分がひび内部を満たした場合、ステップＳ１０２で開始した水分の給水を終了してステップＳ１０５へ進み、水分がひび内部を満たしていない場合、ステップＳ１０２へ戻り水分の給水を継続する。

[0044] 原理的には、鉄筋 1 2 の表面に水分が到達した時点で腐食が生じることから、鉄筋 1 2 の表面に水分が到達した時点を経済工程終了のタイミングとする。以下、その具体例について説明する。

[0045] 例えば、水分センサ 3 を用いる場合、制御端末 6 は、水分センサ 3 から水分検知信号を受信したときに、水分がひび内部を満たしたと判定する。

[0046] 重量計測器 4 を用いる場合、制御端末 6 は、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化の傾きを用いる場合であれば、その重量変化の傾きの変化を検知したときに、水分がひび内部を満たしたと判定する。つまり、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量は、水分の供給を開始してから水分がひび内部を飽和するまで一定の増加比率で増加し、当該増加比率は飽和後に低下するので、制御端末 6 は、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量増加の傾きの変化を検知したときに、鉄筋 1 2 の表面に水分が到達し、水分がひび内部を満たしたと判定する。

[0047] また、同様に重量計測器 4 を用いる場合において、ステップ S 1 0 3 で推定計算したひび内部の水分量を用いる場合であれば、制御端末 6 は、ひび内部の水分量の変化の傾きの変化（＝鉄筋コンクリート供試体 1 の重量変化の傾きの変化）を検知したとき、又はひび内部の水分量がひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したとき（水分がひび内部を充填したとき）に、水分がひび内部を満たしたと判定する。

[0048] 重量計測器 4 を用いた場合、例えば、ひび幅 0. 1 mm、鉄筋コンクリート供試体 1 の横幅と奥行がそれぞれ 1 0 0 mm, 5 0 mm の場合、鉄筋コンクリート供試体 1 の重量が 5 0 0 mg 増加したとき、又はひび内部の水分量が 5 0 0 mg 増加したときに、鉄筋 1 2 の表面に水分が到達し、水分がひび内部を満たしたと判定する。

[0049] ステップ S 1 0 5（乾燥工程）；

その後、制御端末 6 は、ひび内部の水分と鉄筋 1 2 の露出面の水分の除去を開始する。例えば、制御端末 6 は、温湿度制御装置 5 を用いて試験槽 2 の内部を乾燥させる。その他、制御端末 6 は、扇風機を用いてひび割れ部 1 3

に風をあててもよい。

[0050] ステップS 1 0 6（乾燥工程）；

次に、制御端末6は、ステップS 1 0 3と同様に、試験開始後に重量計測器4から送信される鉄筋コンクリート供試体1の重量データを用いて、鉄筋コンクリート供試体1の減少後の重量をひび内部の水分量とみなす推定計算を行い、試験時刻に関連付けて記憶する。

[0051] ステップS 1 0 7（乾燥工程）；

次に、制御端末6は、水分がひび内部から除去されたか否かを判定し、水分がひび内部から除去された場合、ステップS 1 0 8へ進み、水分がひび内部から除去されていない場合、ステップS 1 0 5へ戻り水分の除去を継続する。

[0052] 例えば、水分センサ3を用いる場合、制御端末6は、水分センサ3から水分検知信号を受信しなくなったときに、水分がひび内部から除去されたと判定する。

[0053] 重量計測器4を用いる場合、制御端末6は、鉄筋コンクリート供試体1の重量変化の傾きを用いる場合であれば、鉄筋コンクリート供試体1の重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ鉄筋コンクリート供試体1の重量が減少したときに、水分がひび内部から除去されたと判定する。

[0054] また、同様に重量計測器4を用いる場合において、ステップS 1 0 6で推定計算したひび内部の水分量を用いる場合であれば、制御端末6は、ひび内部の水分量が上記飽和水分量だけ減少したときに、水分がひび内部から除去されたと判定する。

[0055] ステップS 1 0 8；

最後に、制御端末6は、試験を行った実施サイクル数が試験サイクル数を越えたか否かを判定し、実施サイクル数が試験サイクル数を越えた場合、処理を終了し、実施サイクル数が試験サイクル数を越えていない場合、ステップS 1 0 2へ戻る。

[0056] 図5は、鉄筋コンクリート供試体1の重量変化の例を示す図である。

[0057] 鉄筋コンクリート供試体 1 に水分が侵入する場合、ひび内部への水分侵入は速やかに進む一方、ひび内部が水分で満ちた後は、コンクリートへの拡散が律速となり、重量変化は緩やかになる。それ故、乾燥状態の鉄筋コンクリート供試体 1 に塩水噴霧、加湿、溶液浸漬等を行い、鉄筋コンクリート供試体 1 の増加重量を測定し、重量変化の傾きの変化を検知した時刻 t_1 の重量 w_1 をひび内の飽和水分量とする。重量変化の傾きの変化を検知する必要があるので、図 5 には、重量の傾きの変化後の重量 w_2 とその時刻 t_2 も記載している。時刻 t_1 の後、湿潤工程を継続するとコンクリート内部への水分の拡散が進行して重量増加が継続するが、重量 w_1 以上の水分供給は不要なので、重量が重量 w_2 ではなく重量 w_1 まで増加したタイミング、又は時刻が時刻 t_2 ではなく時刻 t_1 のタイミングで湿潤工程を終了することで、湿潤工程に係る時間を最適化できる。

[0058] また、乾燥工程においては、少なくとも重量 w_1 の増加重量分を減少させる必要がある。ただし、乾燥工程では、ひび内部の水分とコンクリート内部の水分が露出面から同時に蒸散するので、ひび内部の水分を除去するには $w_1 \leq w_2$ の重量又は水分量を除去する必要がある、時間を用いる場合には $t_3 \leq t_4$ とする必要がある。なお、湿潤工程の終了時刻を時刻 t_2 ではなく時刻 t_1 、又は湿潤工程での増加重量を重量 w_2 ではなく重量 w_1 とした場合、乾燥工程の終了時刻を時刻 t_3 又は減少重量を重量 w_1 として乾燥工程を設定することで、乾湿工程を最適化できる。

[0059] 図 6 は、腐食中及び腐食後の鉄筋 1 2 の電位測定結果を示す図である。□ は従来技術を示し、◇ は本発明を示す。乾燥工程（槽内湿度：0%）と湿潤工程（槽内湿度：100%）とを 12 時間ごとに交互に繰り返し行った。腐食判定装置（ASTM-C876）を用いて鉄筋 1 2 の電位を測定すると、40～60 日経過時の電位は、本発明の場合 $-450 \sim -350 \text{ mV vs CSE}$ 、従来技術の場合 $-100 \sim -150 \text{ mV vs CSE}$ であった。この測定結果より、本発明の方が従来技術よりも電位低下までの時間が短いことが分かる。それ故、本発明により鉄筋 1 2 が短時間で腐食したことが示された。

[0060] 図7は、本発明の腐食促進試験を実施した後、鉄筋12を大気暴露したときの鉄筋12の電位測定結果を示す図である。腐食促進試験により、低下していた電位が大気暴露により上昇しており、大気暴露時にはひび内部の水分が十分に乾燥除去されず滞留した結果、腐食が停止することが示された。

[0061] 以上より、本実施形態によれば、ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体1に含まれる鉄筋12の腐食を促進させる腐食促進試験装置100において、コンクリート11のひび割れ部13から露出した鉄筋12の傍に配置された水分センサ3と、鉄筋コンクリート供試体1の重量を計測する重量計測器4と、水分センサ3と重量計測器4とにそれぞれ接続され、温湿度制御装置5を制御することにより、ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤工程と、ひび内部の水分と鉄筋12の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を交互に繰り返し行う制御端末6と、を備え、制御端末6は、湿潤工程を開始した後、水分センサ3で水分を検知したとき、又は鉄筋コンクリート供試体1の重量変化の傾きの変化を検知したときに、湿潤工程を終了して乾燥工程を開始するので、鉄筋12を腐食させる腐食促進試験に係る時間を短縮でき、ひび割れ発生後の鉄筋腐食による鉄筋コンクリート構造物の劣化状態の事前把握に資する情報を短期間で取得できる。

[0062] 最後に、制御端末6は、コンピュータとプログラムによっても実現でき、プログラムを記録媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

符号の説明

- [0063] 1…鉄筋コンクリート供試体
11…コンクリート
12…鉄筋
13…ひび割れ部
2…試験槽
3…水分センサ
4…重量計測器

5 … 温湿度制御装置

6 … 制御端末

6 1 … 受信部

6 2 … 計算部

6 3 … 記憶部

6 4 … 制御部

請求の範囲

- [請求項1] ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる腐食促進試験方法において、
- 制御端末は、コンクリートのひび割れ部から露出した鉄筋の傍に配置された水分センサと、前記鉄筋コンクリート供試体の重量を計測する重量計測器と、にそれぞれ接続され、水分供給除去装置を制御することにより、
- ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤ステップと、
- 前記湿潤ステップを開始した後、前記水分センサで水分を検知したとき、又は前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化を検知したときに、前記湿潤ステップを終了し、前記ひび内部の水分と前記鉄筋の露出面の水分とを除去する乾燥ステップと、
- を交互に繰り返し行うことを特徴とする腐食促進試験方法。
- [請求項2] 前記制御端末は、
- 前記乾燥ステップを開始した後、前記水分センサで水分が検知されなくなったとき、又は前記重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ前記鉄筋コンクリート供試体の重量が減少したときに、前記乾燥ステップを終了して前記湿潤ステップを開始することを特徴とする請求項1に記載の腐食促進試験方法。
- [請求項3] 前記制御端末は、
- 前記鉄筋コンクリート供試体の増加重量を前記ひび内部の水分量とみなし、前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化の検知に代えて、前記ひび内部の水分量の変化の傾きの変化を検知したとき、又は前記ひび内部の水分量が前記ひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したときに、前記湿潤ステップを終了することを特徴とする請求項1に記載の腐食促進試験方法。
- [請求項4] 前記制御端末は、
- 前記ひび内部の水分量が前記飽和水分量だけ減少したときに、前記

乾燥ステップを終了することを特徴とする請求項3に記載の腐食促進試験方法。

[請求項5] 前記湿潤ステップでは、
前記鉄筋コンクリート供試体を水中に浸水させる、又は前記鉄筋コンクリート供試体に水分を噴霧することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の腐食促進試験方法。

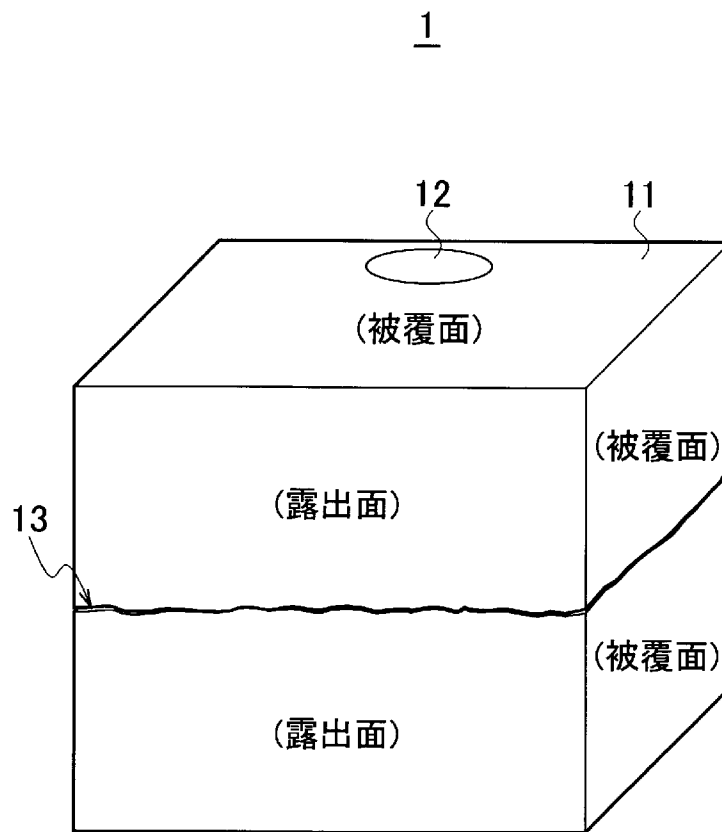
[請求項6] ひび割れを有する鉄筋コンクリート供試体に含まれる鉄筋の腐食を促進させる腐食促進試験装置において、
コンクリートのひび割れ部から露出した鉄筋の傍に配置された水分センサと、
前記鉄筋コンクリート供試体の重量を計測する重量計測器と、
前記水分センサと前記重量計測器とにそれぞれ接続され、水分供給除去装置を制御することにより、ひび割れたひび内部に水分を供給する湿潤工程と、前記ひび内部の水分と前記鉄筋の露出面の水分とを除去する乾燥工程と、を交互に繰り返し行う制御端末と、を備え、
前記制御端末は、
前記湿潤工程を開始した後、前記水分センサで水分を検知したとき、又は前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化を検知したときに、前記湿潤工程を終了して前記乾燥工程を開始することを特徴とする腐食促進試験装置。

[請求項7] 前記制御端末は、
前記乾燥工程を開始した後、前記水分センサで水分が検知されなくなったとき、又は前記重量変化の傾きの変化を検知したときの増加重量分だけ前記鉄筋コンクリート供試体の重量が減少したときに、前記乾燥工程を終了して前記湿潤工程を開始することを特徴とする請求項6に記載の腐食促進試験装置。

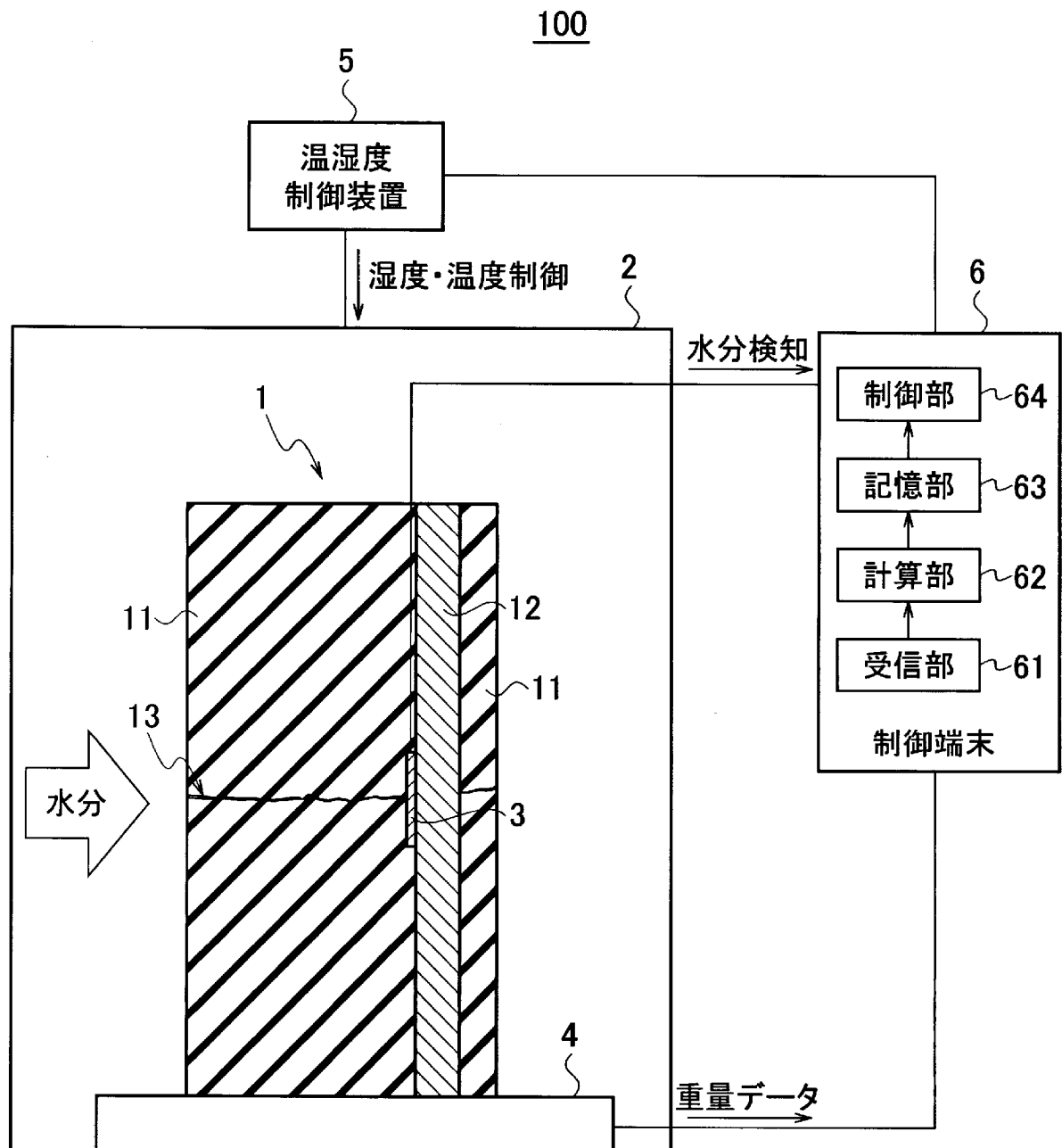
[請求項8] 前記制御端末は、
前記鉄筋コンクリート供試体の増加重量を前記ひび内部の水分量と

みなし、前記鉄筋コンクリート供試体の重量変化の傾きの変化の検知に代えて、前記ひび内部の水分量の変化の傾きの変化を検知したとき、又は前記ひび内部の水分量が前記ひび内部の体積に基づく飽和水分量に到達したときに、前記湿潤工程を終了して前記乾燥工程を開始し、前記ひび内部の水分量が前記飽和水分量だけ減少したときに、前記乾燥工程を終了して前記湿潤工程を開始することを特徴とする請求項6に記載の腐食促進試験装置。

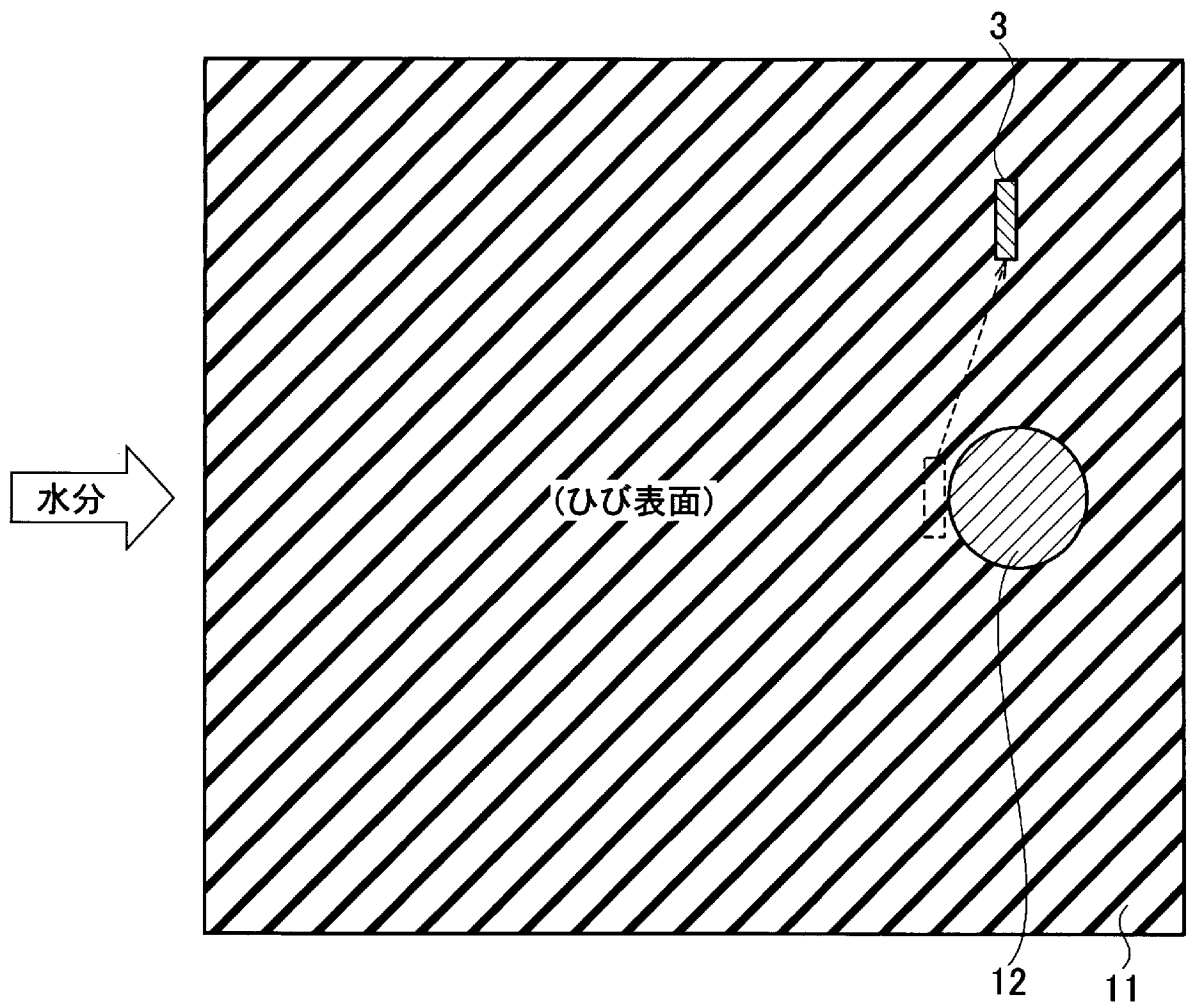
[図1]



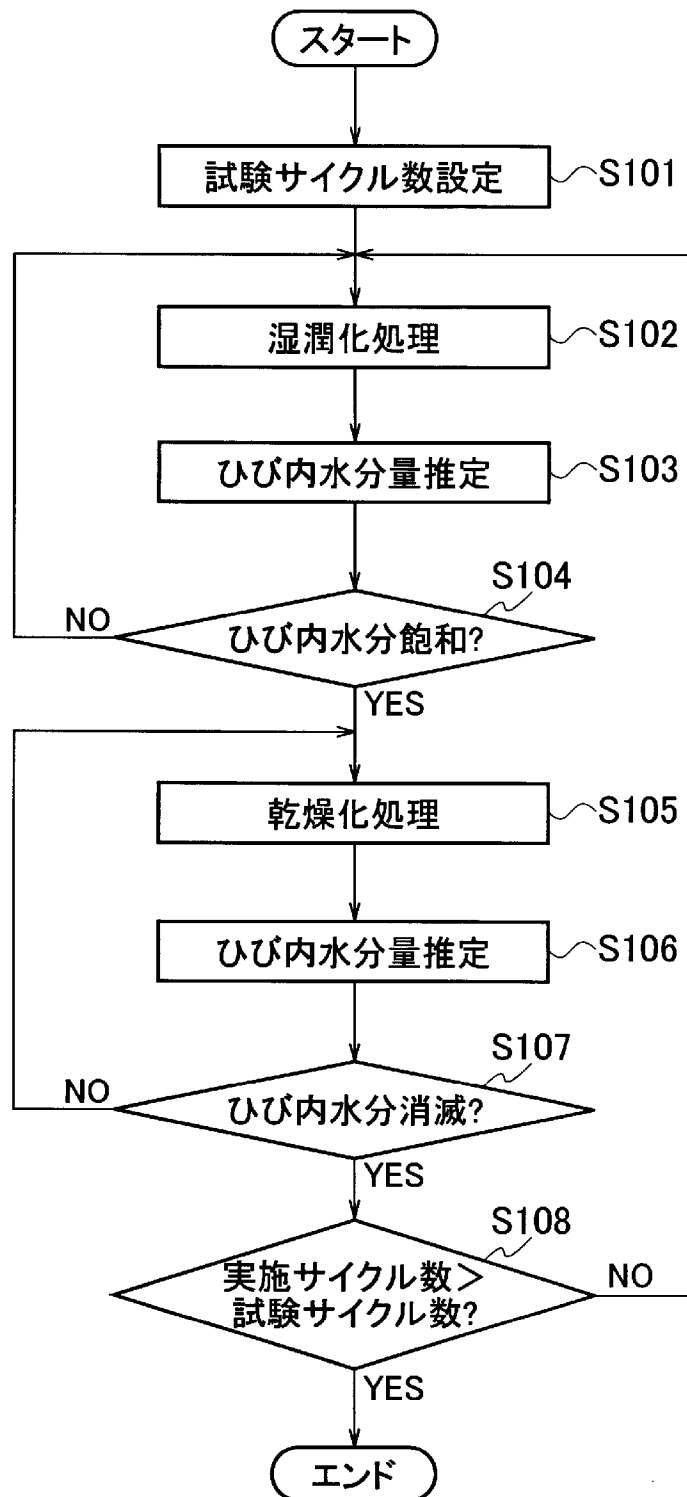
[図2]



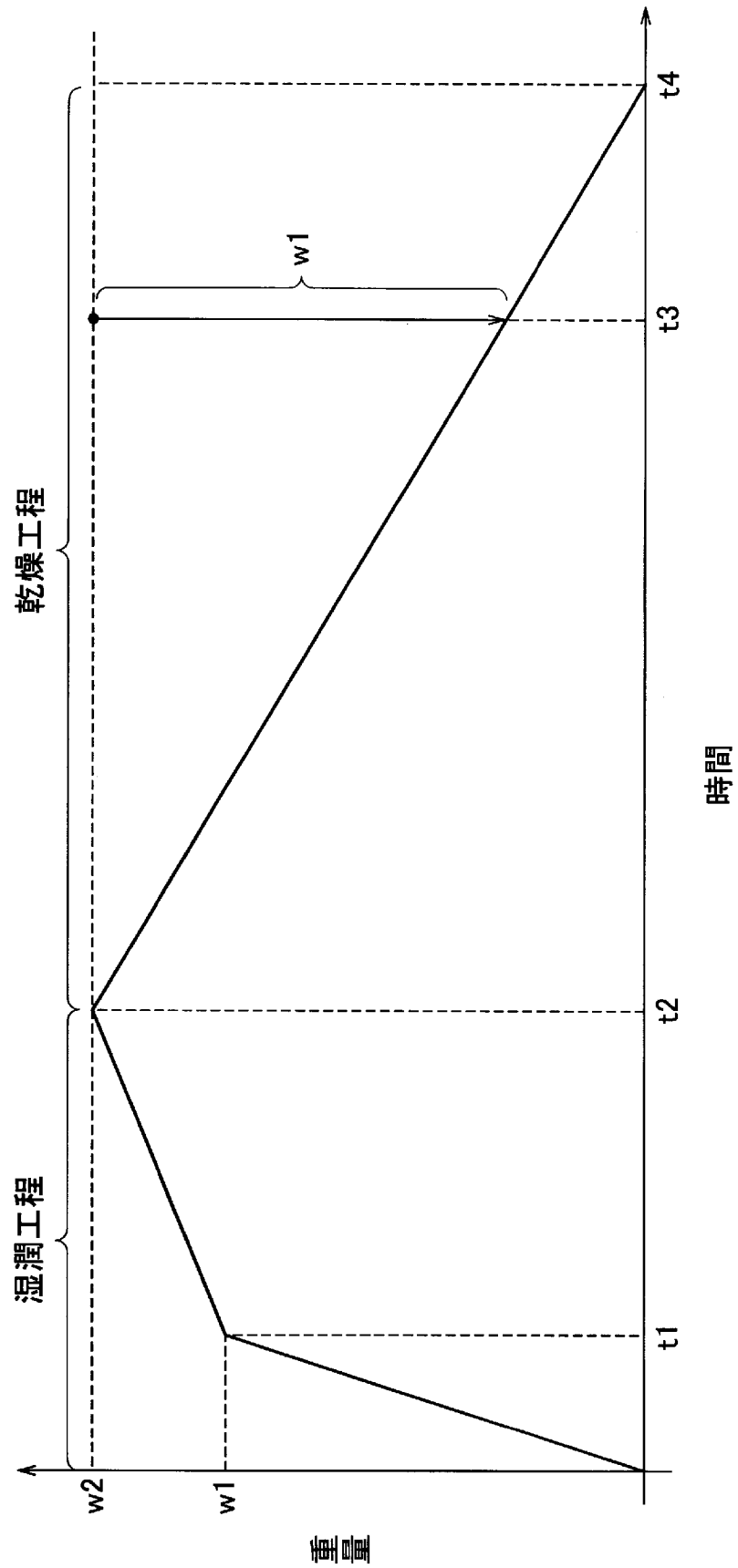
[図3]



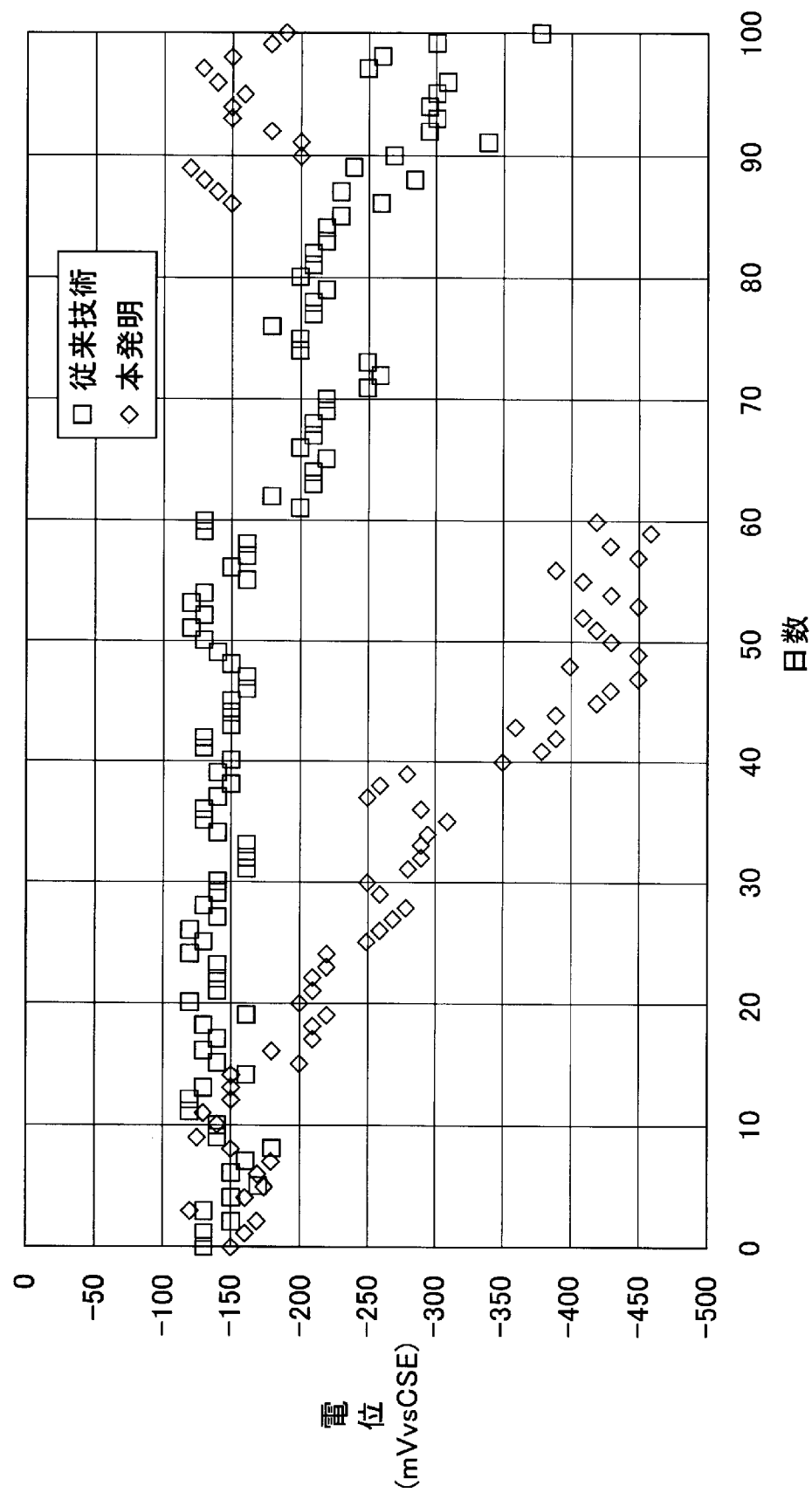
[図4]



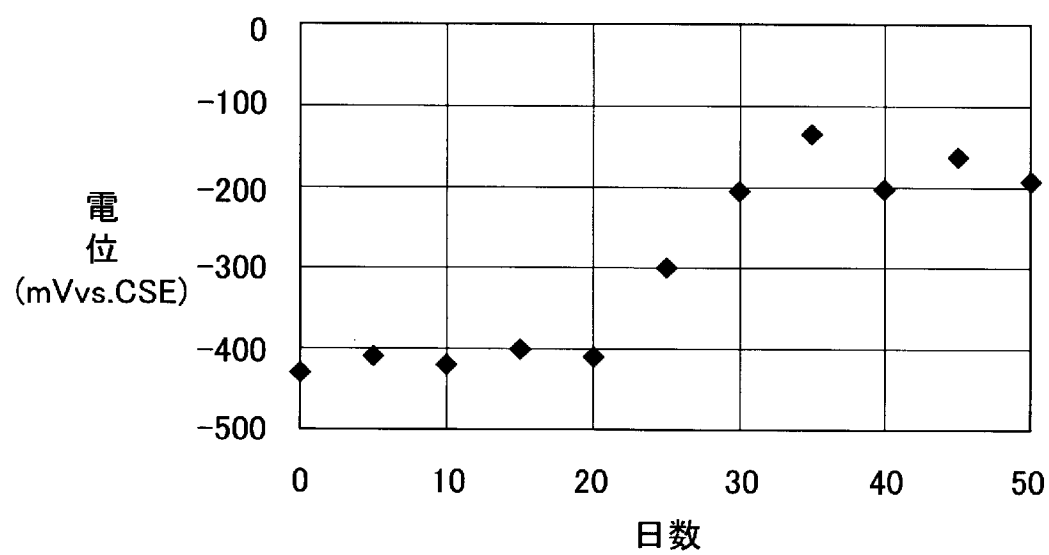
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/025922

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N17/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01N17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-44529 A (UBE INDUSTRIES, LTD.) 04 March 2013, paragraphs [0013]-[0018] (Family: none)	1-8
A	JP 2012-145330 A (TAIHEIYO CEMENT CORPORATION) 02 August 2012, paragraphs [0050]-[0054], fig. 6 & WO 2011/043442 A1 & KR 10-2012-0084305 A	1-8
A	JP 3-183740 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 09 August 1991, page 5, upper left column, line 13 to page 5, upper right column, line 9 (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26.08.2019

Date of mailing of the international search report
03.09.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N17/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-44529 A（宇部興産株式会社）2013.03.04, [0013]-[0018] （ファミリーなし）	1-8
A	JP 2012-145330 A（太平洋セメント株式会社）2012.08.02, [0050]-[0054], [図6] & WO 2011/043442 A1 & KR 10-2012-0084305 A	1-8
A	JP 3-183740 A（新日本製鐵株式会社）1991.08.09, 第5頁左上欄第 13行-第5頁右上欄第9行（ファミリーなし）	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

26.08.2019

国際調査報告の発送日

03.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

川瀬 正巳

2 J

5260

電話番号 03-3581-1101 内線 3252