

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月6日(06.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/003994 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 33/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/039895

(22) 国際出願日: 2020年10月23日(23.10.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2020-113105 2020年6月30日(30.06.2020) JP

(71) 出願人: 株式会社 J U S T . W I L L
(JUST.WILL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒8100022 福岡県福岡市中央区薬院二丁目2番24号チサンマンション第3博多205号 Fukuoka (JP).
国立大学法人東京大学(THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 野口 貴文 (NOGUCHI Takafumi). 孫博超 (SUN Bochao). 早崎 昌宏 (HAYASAKI Masahiro). 西島 茂行 (NISHIJIMA Shigeyuki). 山本 秀之 (YAMAMOTO Hideyuki).

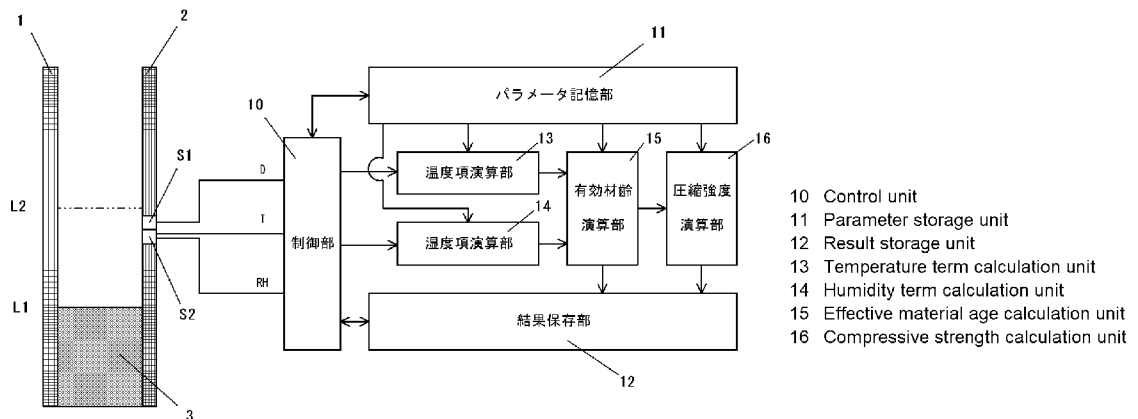
(74) 代理人: 平 野 一 幸 (HIRANO, Kazuyuki); 〒8100001 福岡県福岡市中央区天神四丁目1-23-203 平野特許事務所 Fukuoka (JP).

(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, IT, 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,

(54) Title: EFFECTIVE MATERIAL AGE ESTIMATION DEVICE, COMPRESSIVE STRENGTH ESTIMATION DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 有効材齢推定装置、圧縮強度推定装置及びプログラム

[図2]



(57) Abstract: Provided is an effective material age estimation device capable of appropriately taking relative humidity variation into consideration when estimating an effective material age. This effective material age estimation device comprises a temperature term calculation unit 13 for calculating a temperature term γ_T dependent on the temperature of cast concrete, a humidity term calculation unit 14 for calculating a humidity term γ_{RH} dependent on the relative humidity of the concrete, and an effective material age calculation unit 15 for calculating the effective material age of the concrete by summing products of the temperature term γ_T , the humidity term, and a step time term Δt_i . The humidity term γ_{RH} is introduced, and the sum of the products is weighted using the term.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

(57) 要約: 相対湿度の変化を適切に有効材齢の推定に反映することができる、有効材齢推定装置を提供する。本有効材齢推定装置は、打設されたコンクリートの温度に従属する温度項 γ_T を演算する温度項演算部13と、コンクリートの相対湿度に従属する湿度項 γ_{RH} を演算する湿度項演算部14と、温度項 γ_T と湿度項と刻み時間項 Δt_i とを積和してコンクリートの有効材齢を演算する有効材齢演算部15とを備える。湿度項 γ_{RH} を導入し、積和値を同項で重み付けする。

明 細 書

発明の名称：

有効材齢推定装置、圧縮強度推定装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、打設されたコンクリートの有効材齢及び圧縮強度を推定するにあたり、温度項のみならず湿度項を新たに設定し、正確な推定を行えるようにした、有効材齢推定装置及びその関連技術に関するものである。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献2（特許第6553347号公報）、特許文献3（特開平11-271301号公報）、特許文献4（特開2003-279512号公報）、特許文献5（特開2011-256061号公報）等に記載されているように、現場において打設されるコンクリートの有効材齢等を推定するにあたり、温度項 γ_T と刻み時間項 Δt_i とを積和する技術が知られている。

[0003] しかしながら、従来の技術では、後に詳述するように、コンクリートの強度成長過程において、特に、養生の若齢においては、相対湿度が強い影響を及ぼすことが、無視されている。その結果、従来の技術は、有効材齢を過大評価しており、正しい推定が困難であるだけでなく、有効材齢を安全側とは反対の側に評価するものであって、重大な欠陥がある。

特許文献1：特許第6050046号公報

特許文献2：特許第6553347号公報

特許文献3：特開平11-271301号公報

特許文献4：特開2003-279512号公報

特許文献5：特開2011-256061号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] そこで本発明は、相対湿度の変化を適切に有効材齢及び圧縮強度の推定に反映することができる、有効材齢推定装置及び圧縮強度推定装置を提供する

ことを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0005] 第1の発明に係る有効材齢推定装置は、打設されたコンクリートの温度に従属する温度項を演算する温度項演算部と、コンクリートの相対湿度に従属する湿度項を演算する湿度項演算部と、温度項と湿度項と刻み時間項とを積和してコンクリートの有効材齢を演算する有効材齢演算部とを備える。
- [0006] この構成により、温度項と刻み時間のみを積和するのではなく、温度項と湿度項と刻み時間項とが積和される。即ち、湿度項により積和値が重み付けされる結果となり、例えば湿度項が0となる場合、現在の刻み時間項における積和値は、温度項の如何にかかわらず、ゼロとなる。このように、演算される有効材齢に、相対湿度の影響を適切に反映することができ、しかも、湿度項は、有効材齢を少なく評価する方向に作用するから、従来の技術において不可避であった、過大評価を回避できる。
- [0007] 第2の発明に係る有効材齢推定装置は、第1の発明に加え、温度及び相対湿度を計測する温湿度センサを更に備える。
- [0008] この構成により、コンクリートの温度及び相対湿度を実測することが可能となり、実測値に基づいた適切な演算が可能となる。
- [0009] 第3の発明に係る有効材齢推定装置は、第1の発明に加え、打設されたコンクリートの存否を検知する打設検知センサを更に備える。
- [0010] この構成により、打設が検知されるまでの間、有効材齢に関する演算を停止することができ合理的な装置の運用が確保できる。特に、消費電力の無駄を抑制できる。
- [0011] 第4の発明に係る有効材齢推定装置は、第1の発明に加え、相対湿度における一定の閾値が、100%よりも小さく且つ0%よりも大きく設定され、湿度項は、相対湿度が100%において正の最大値をとり、相対湿度が100%を下回り一定の閾値までの第1の領域において低下し、相対湿度が一定の閾値を下回る第2の領域において、0%に漸近する。
- [0012] この構成により、湿度項を実体に即して設定できる。

[0013] 第5の発明に係る有効材齢推定装置は、第4の発明に加え、第2の領域において、湿度項は0とされる。

[0014] この構成により、第2の領域では、温度項 γ_T の如何にかかわらず、積和値が常にゼロとなり、有効材齢の過大評価を適切に回避できる。

[0015] ここで、第1から第4の発明において、温度項 γ_T は、

[0016] [数1]

$$\gamma_T = \exp\left(13.65 - \frac{4000}{273 + T}\right)$$

により演算され、

湿度項 γ_{RH} は、

[0017] [数2]

$$\gamma_{RH} = \exp\{-0.8484(100 - RH)\}$$

により演算され、

有効材齢 t_e は、刻み時間項 Δt_i において、

[0018] [数3]

$$t_e = \sum_i \Delta t_i \cdot \gamma_T \cdot \gamma_{RH}$$

により演算されるのが好ましい。

[0019] この構成により、適切な指数関数を用いた、温度項 γ_T 及び湿度項 γ_{RH} が設定され、有効材齢を適切に評価できる。

[0020] 第6の発明に係る有効材齢推定装置は、第1の発明に加え、有効材齢演算部は、相対湿度が一定の閾値を下回る際、温度項 γ_T と湿度項 γ_{RH} と刻み時間項 Δt_i との積和を省略する。

[0021] この構成により、積和値がほぼゼロとなることが分かっている場合に、有効でない積和演算が省略されることとなり、合理的な装置の運用が確保できる。特に、消費電力の無駄を抑制できる。

[0022] 第7の発明に係る有効材齢推定装置は、第1の発明に加え、一定の閾値は、80%乃至95%の相対湿度として設定される。

[0023] この構成により、実態に即した閾値を設定できる。

[0024] 第8の発明に係る圧縮強度推定装置は、第1の発明の有効材齢推定装置に加え、有効材齢に基づいてコンクリートの圧縮強度を演算する圧縮強度演算部を更に備える。

[0025] ここで、第8の発明において、圧縮強度 f_{ct} は、定数 s 、凝結時間 t_s 、コンクリートの呼び強度 f_{c28} において

[0026] [数4]

$$f_{ct} = \exp \left\{ s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t_e - t_s}} \right) \right\} \cdot f_{c28}$$

又は定数 a 、 b を用いて、

[数5]

$$f_{ct} = \{ t_e / (a + b t_e) \} \cdot f_{c28}$$

により演算されるのが好ましい。ここで、定数 s は、ミルシートなどに記載

される値に基づいて算出され、凝結時間 t_s 、コンクリートの呼び強度 f_{c28} は、ミルシートなどに記載される、既知の値群である。また（数5）において、例えば、定数 $a = 4.0$ 、定数 $b = 0.85$ とする。

[0027] この構成により、適切な関数を用いた圧縮強度が演算され、圧縮強度を精度良く評価できる。

発明の効果

[0028] 本発明によれば、以上述べたように、湿度項が導入され、積和の対象に追加されることにより、積和値が湿度項で重み付けされることとなる。これにより、演算される有効材齢に、相対湿度の影響を適切に反映され、従来の技術において不可避であった、有効材齢の危険側への過大評価を適切に回避できる。

[0029] 言い換えれば、本発明により求められる有効材齢は、安全側に評価されるものであり、その信頼性は、高いと言える。さらに、本発明により求められる圧縮強度は、信頼性の高い有効材齢に基づくから、その信頼性も同様に向上されたものとなる。

発明を実施するための最良の形態

[0030] まず、実施の形態の具体的な説明に先立ち、本願発明における重要概念について述べる。

[0031] （１）相対湿度

相対湿度（relative humidity、略称：RH）とは、温度 T における飽和水蒸気圧に対する実際の水蒸気分圧の比であり、百分率（％）で表される。

[0032] 水蒸気分圧を e 、温度 T における飽和水蒸気圧を $e_s(T)$ とすると、相対湿度 $RH(\%)$ は、 $RH = (e / e_s(T)) * 100(\%)$ で示される。

[0033] （２）比抵抗

比抵抗（specific electrical resistance）とは、電気抵抗率（electrical resistivity）

又は抵抗率 (resistivity) と同義であり、材料に関して電気を通しにくさを示す物性値であり、その単位は ($\Omega \cdot m$) である。

[0034] (3) 有効材齢 (equivalent age) の温度項 γ_T

有効材齢の温度項 γ_T とは、アーレニウスの法則 (Arrhenius law) を用い、温度による反応速度の促進・遅延を材齢に反映したものであり、有効材齢の温度項 γ_T は、コンクリート 20°C のときの反応速度を基準反応速度、活性化エネルギーを 4000 とし、温度 $T^\circ\text{C}$ を用いて (数 1) のとおりに表せる。

[0035] (4) 有効材齢の湿度項 γ_{RH}

本湿度項は、相対湿度 $RH\%$ に従属する項であり、従来の技術の項で述べたように、従来技術では、相対湿度が常に 100% であることを前提として、考慮から除外されてきた。しかしながら、実際の工事現場では、例えば型枠が外されて打設コンクリートの表面が外部に露出し、同表面から水蒸気が外気に放出されるなど、相対湿度が 100% を下回る事態がしばしば発生する。

[0036] 図 1 は、横軸の相対湿度 ($\% : 0 \sim 100\%$) に対する、縦軸の水和速度比 (無次元: $0.0 \sim 1.0$) の変化を示すグラフである。

[0037] 図 1 に示すように、相対湿度 100% では、水和速度比は 1.0 という最大値をとる。しかしながら、相対湿度 80% 以下では、水和速度はほぼゼロであり、水和反応は事実上停止している。

[0038] したがって、従来の技術のように、温度項のみを考慮すると、特に相対湿度 RH が 100% を下回る場合、有効材齢を安全側とは反対の側へ評価する結果となる。言い換えれば、有効材齢を危険側へ過大評価しているとしても過言ではなく、従来の技術は、この点において致命的な欠陥を有すると言い得る。

具体的には本形態では、この湿度項は、(数 2) により演算される。

[0039] 本形態では、後述するように温湿度センサ $S2$ (図 2 参照。) を用いて、打設されたコンクリートの相対湿度 $RH\%$ を直接計測することとしている。

しかしながら、本願発明に言うところの、「湿度項」とは、直接計測された相対湿度に基づくものに限られるのではなく、一般的に認識されるものよりも広義である。

[0040] 例えば、当業者に自明なように、比抵抗（定義は、上記参照。）を4端子の計測器を使用して求め、比抵抗に従属する湿度項を使用しても良いし、含水率を求め、含水率に従属する湿度項を使用しても良い。要するに、湿度に直接又は間接に依存すれば十分である。

[0041] (5) 有効材齢

本形態では、以上のように演算された、温度項 γ_T 及び湿度項 γ_{RH} に基づき、(数3)により有効材齢を演算する。

[0042] (6) 圧縮強度

本形態では、以上のように演算された、有効材齢に基づき、(数4)又は(数5)により圧縮強度を演算する。

[0043] 次に、図面を参照しながら、本発明の実施の形態を説明する。

[0044] (実施の形態1)

図2は、本発明の実施の形態1における圧縮強度推定装置を示すブロック図、図3は、同圧縮強度推定装置のフローチャートである。

[0045] 図2に示すように、本例では、壁又は柱というような垂直に起立する部分を構築すべくコンクリートを打設する場合を取り上げる。しかしながら、当業者に自明なように、天井又は床を構成する水平なスラブを構築する場合であっても、本発明は、同様に適用できる。

[0046] 図2に示すように、本例では、一对の型枠1、2が互いに対面するように一定の間隔をあけて起立するように保持される。支保工や補強材等は、本発明の本質とは直接関係しないので、その図示が省略されている。

[0047] 本例では、一对の型枠1、2が垂直に起立しているため、コンクリート3は、上方から下向きに打設され、現在の状態では、第1レベルL1が打設されたコンクリートの頂面である。一方の型枠2のあるレベルには、打設検知センサS1と温湿度センサS2が配設される。

- [0048] 図2では、打設検知センサS1が温湿度センサS2よりも上側に示されているが、これは図示の便宜によるものであって、両センサS1、S2は、同じレベルに配設するのが好ましい。
- [0049] ここで、打設検知センサS1は、打設されたコンクリート3の存否を検知するものであり、打設検知センサS1としては、特許文献1（特許第6050046号公報）において、本発明者らが提案した、静電容量を用いるセンサが好適に使用できる。ここで、コンクリート3の頂面が図2に実線で示す第1レベルL1にある時は、打設検知センサS1は、未だ打設を検知しておらず打設検知信号Dはオフである。この後、打設が進行して、コンクリート3の頂面が図2に仮想線で示す第2レベルL2に達すれば、打設検知センサS1は、打設を検知し打設検知信号Dをオンとする。
- [0050] 温湿度センサS2は、打設されたコンクリート3の温度及び相対湿度を計測するものであり、湿度は透過するが水を通さない特殊フィルムで保護したものが、好適に使用できる。勿論、温度センサと湿度センサとを別々に構成しても差し支えない。
- [0051] 温湿度センサS2は、図2に示すように、型枠2に装着してあっても良いし、コンクリート3上に載置されたり、コンクリート3内に埋め込まれていても良い。埋め込む場合には、図示しない鉄筋よりも外部に露呈する表面（被りコンクリート内）側に配置するのが好ましい。配置の如何によらず、温湿度センサS2は、打設検知信号Dがオンになった後、計測した温度信号T及び相対湿度信号RHを出力する。
- [0052] 図2の各ブロックのうち、圧縮強度演算部16を除く部分が、本形態における有効材齢推定装置であり、これに、圧縮強度演算部16を追加すると、本形態における圧縮強度推定装置となる。
- [0053] 以下各要素について説明する。まず、制御部10は、図示しないプロセッサ及びメモリ等からなり、圧縮強度推定装置の全体を制御するものであり、打設検知センサS1から打設検知信号Dを入力し、温湿度センサS2から温度信号T及び相対湿度信号RHを入力する。

- [0054] パラメータ記憶部 11 は、図示しないメモリからなり、演算処理に必要な各種パラメータを記憶する。特に、パラメータ記憶部 11 には、定数 s 、凝結時間 t_s 、コンクリートの呼び強度 f_{c28} 、刻み時間項 Δt_i 等が保存されている。
- [0055] 結果保存部 12 は、図示しないメモリからなり、演算処理の結果得られた各種の値群を記憶する。特に、結果保存部 12 には、カウンタ値 i 、処理回数値 N 、有効材齢 t_e 、圧縮強度 f_{ct} 等が保存される。
- [0056] また、温度項演算部 13、湿度項演算部 14、有効材齢演算部 15 及び圧縮強度演算部 16 は、制御部 10 の指令を受けて各種演算を行う各モジュールである。
- [0057] ここで、本明細書における各「演算部」は、当然、引数に基づき式による直接的な演算を行うものを含むが、この他にも、引数をインデックスとするテーブルを持ち、インデックス間の中間値は、比例配分で出力値を定めるものなど、種々の形態をとっても差し支えない。
- [0058] 温度項演算部 13 は、制御部 13 から温度信号 T を入力し、（数 1）により演算を行う。
- [0059] 湿度項演算部 14 は、制御部 13 から相对湿度信号 RH を入力し、（数 2）により演算を行う。
- [0060] 有効材齢演算部 15 は、温度項演算部 13 から温度項 γ_T を入力し、湿度項演算部 14 から湿度項 γ_{RH} を入力し、パラメータ記憶部 11 から刻み時間項 Δt_i を入力し、（数 3）により積和演算を行い、演算結果は結果保存部 12 に保存される。
- [0061] 圧縮強度演算部 16 は、有効材齢演算部 15 から有効材齢を入力し、パラメータ記憶部 11 から定数 s 、凝結時間 t_s 、コンクリートの呼び強度 f_{c28} 等を入力し、（数 4）又は（数 5）により圧縮強度を演算し、演算結果は結果保存部 12 に保存される。
- [0062] 次に、図 3 を参照しながら、実施の形態 1 における処理の流れを説明する。まず、制御部 10 は、ステップ 1 にて、打設信号 D がオンになるのを待つ

。待っている状態では、各演算部 13～16 は、動作しておらず、消費電力を無駄に消費しないようになっている。

[0063] 図 2 の第 1 レベル L1 にあるときは、打設信号 D はオフであり、待機が継続される。コンクリート 3 の打設が進行して、第 2 レベル L2 まで至ると、打設信号 D がオンとなって、ステップ 2 へ処理が移る。

[0064] 制御部 10 は、ステップ 2 にて、刻み時間項 Δt_i 、回数 N を設定し、パラメータ記憶部 11 に保存する。ここで、コンクリート 3 が打設される部位により、養生期間は、3 日、7 日、28 日等と様々であるが、1 日における温度変化を演算結果に反映させるため、刻み時間項 Δt_i は、1 時間程度とするのが妥当である。勿論、より細かく設定して演算精度の向上を図っても差し支えない。

[0065] 次に、ステップ 3 にて、制御部 10 は、カウンタ i をゼロにリセットし、ステップ 4 に処理を移す。ステップ 4 では、制御部 10 は、カウンタ i と回数 N とを大小比較し、カウンタ i が回数 N を上回る状態となると、結果保存部 12 に保存された各種値群を外部の記憶媒体又は所定のインターネットサイト等へ書き出す等の後処理を行って、処理を終了する。

[0066] 次に、ステップ 4 で、カウンタ i が回数 N 以下であれば、制御部 10 は、ステップ 5 でカウンタ i をインクリメントし、ステップ 6 にて、温度項演算部 13、湿度項演算部 14 に演算を命ずる。

[0067] ステップ 7 では、温度項演算部 13 が温度項 γ_T を、湿度項演算部 14 が湿度項 γ_{RH} をそれぞれ有効材齢演算部 15 に出力し、有効材齢演算部 15 は、求めた有効材齢を結果保存部 12 に保存すると共に、圧縮強度演算部 16 へ出力する。

[0068] ステップ 8 では、圧縮強度演算部 16 が圧縮強度を求め、結果を結果保存部 12 に保存し（ステップ 9）、処理がステップ 4 へ戻る。

[0069] ステップ 4 では、制御部 10 が上述と同様の判断を行い、ステップ 10 へ処理が移らない間は、ステップ 5～ステップ 9 の処理が繰り返される。

[0070] （実施の形態 2）

実施の形態 1 では、上述の通り、湿度項の内容とは無関係に、積和演算を繰り返している。しかしながら、実施の形態 2 では、以下に述べるように、一定の閾値 T_H を導入し、より合理的な処理を行う。

[0071] 図 1 を参照すると、相対湿度における、一定の閾値 T_H は、100%よりも小さく且つ 0%よりも大きく設定されることが分かる。

[0072] 図 1 に示すように、水和速度比は、相対湿度が 100%において正の最大値 (1.0) をとり、相対湿度が 100%を下回り一定の閾値までの第 1 の領域において低下し、相対湿度が一定の閾値 T_H を下回る第 2 の領域において、0%に漸近する。

[0073] 以上からすれば、一定の閾値 T_H は、80%乃至 95%の範囲に設定するのが妥当と考えられる。

[0074] 更には、第 2 の領域 (相対湿度が 0%~一定の閾値 T_H までの領域) において、湿度項を 0 としてしまっても実用上十分な精度を期待できる。湿度項を 0 とすれば、温度項 γ_T の如何にかかわらず、積和値が常にゼロとなるから、処理を簡略化することができる。また、処理を更に簡単にするために、第 1 の領域 (相対湿度が 100%~一定の閾値 T_H までの領域) を直線近似しても実用上十分である。この場合には、相対湿度が 100%、湿度項が 1.0 (100%) である点を通り、且つ図 1 の曲線を近似する直線を用いると良い。この直線は、図 1 の曲線よりも湿度項をより小さくするように選択されると好ましい。なぜなら、結果的に積和値をより安全側に設定したこととなるためである。なお、直線近似は、当業者に自明の最小二乗法等によれば良い。

[0075] 考え方は、以上の通りであるが、実施の形態 2 では、実施の形態 1 とは異なり、一定の閾値 T_H を 80%乃至 95%の範囲 (好ましくは、 $T_H = 90\%$) と設定し、相対湿度が一定の閾値 T_H を下回る際、温度項 γ_T と湿度項 γ_{RH} と刻み時間項 Δt_i との積和を省略することとしている。

[0076] より具体的には、図 4 に示すように、図 3 のステップ 5、6 の間にステップ 11 を挿入する。即ち、ステップ 11 では、制御部 10 が相対湿度信号 R

Hと一定の閾値 T_H とを大小比較し、相対湿度信号RHが一定の閾値 T_H を下回っている場合には、ステップ6～ステップ9の処理を省略して、処置をステップ4に戻すものである。

[0077] 積和したとしても、積和値がゼロとなる場合、乃至は、極めてゼロに近い場合には、積和の実益が少ないと言うことができる。実施の形態2では、この点を考慮して、実益が少ない処理を省略することにより、合理的な運用を行い、消費電力の更なる節約を実施できる。

[0078] 以上の点以外は、実施の形態1と同様である。

[0079] 図5は、本発明の実施の形態1、2における圧縮強度推定装置の構成例を示すブロック図である。実施の形態1、2に共通して、圧縮強度推定装置は、次のように構成できる。勿論、以下の記述は、例示に過ぎず、当業者に自明な範囲で種々変更しても差し支えない。

[0080] バス20には、CPU21、ROM22、RAM23、キーボード24及びディスプレイ25が接続されている。また、バス20には、インターフェイス26を介して、打設検知センサS1、温湿度センサS2、ディスクドライブ27及びインターネット網29が接続される。

[0081] ディスクドライブ28には、記録媒体28が着脱自在にセットされ、記録媒体28には、図3、図4のフローチャートに準拠したプログラムが格納されている。

[0082] パラメータ記憶部11、結果保存部12は、RAM23により実現される。また、制御部10、温度項演算部13、湿度項演算部14、有効材齢演算部15及び圧縮強度演算部16は、CPU21が記録媒体28に格納された上記プログラムを実行することにより実現される。

図面の簡単な説明

[0083] [図1]本発明の相対湿度に対する水和速度比の変化を示すグラフ

[図2]本発明の実施の形態1における圧縮強度推定装置を示すブロック図

[図3]本発明の実施の形態1における圧縮強度推定装置のフローチャート

[図4]本発明の実施の形態2における圧縮強度推定装置のフローチャート

[図5]本発明の実施の形態 1、2 における圧縮強度推定装置の構成例を示すブロック図

符号の説明

- [0084] 1、2 型枠
3 コンクリート
10 制御部
11 パラメータ記憶部
12 結果保存部
13 温度項演算部
14 湿度項演算部
15 有効材齢演算部
16 圧縮強度演算部
20 バス
21 CPU
22 ROM
23 RAM
24 キーボード
25 ディスプレイ
26 インターフェイス
27 ディスクドライブ
28 記録媒体
29 インターネット網
S1 打設検知センサ
S2 温湿度センサ
D 打設検知信号
T 温度信号
RH 相对湿度信号

請求の範囲

- [請求項1] 打設されたコンクリートの温度に従属する温度項を演算する温度項演算部と、
- 前記コンクリートの相対湿度に従属する湿度項を演算する湿度項演算部と、
- 前記温度項と前記湿度項と刻み時間項とを積和して前記コンクリートの有効材齢を演算する有効材齢演算部とを備える有効材齢推定装置。
- [請求項2] 前記温度及び前記相対湿度を計測する温湿度センサを更に備える請求項1記載の有効材齢推定装置。
- [請求項3] 打設された前記コンクリートの存否を検知する打設検知センサを更に備える請求項1又は2記載の有効材齢推定装置。
- [請求項4] 相対湿度における一定の閾値が、100%よりも小さく且つ0%よりも大きく設定され、前記湿度項は、相対湿度が100%において正の最大値をとり、相対湿度が100%を下回り前記一定の閾値までの第1の領域において低下し、相対湿度が前記一定の閾値を下回る第2の領域において、0%に漸近する請求項1から3のいずれかに記載の有効材齢推定装置。
- [請求項5] 前記第2の領域において、前記湿度項は0とされる請求項4記載の有効材齢推定装置。
- [請求項6] 前記一定の閾値は、80%乃至95%の相対湿度として設定される請求項4又は5に記載の有効材齢推定装置。
- [請求項7] 前記有効材齢演算部は、前記相対湿度が前記一定の閾値を下回る際、前記温度項と前記湿度項と前記刻み時間項との積和を省略する請求項1から6のいずれかに記載の有効材齢推定装置。
- [請求項8] 前記温度項 γ_T は、温度 $T^{\circ}\text{C}$ において

[数1]

$$\gamma_T = \exp\left(13.65 - \frac{4000}{273 + T}\right)$$

により演算され、

前記湿度項 γ_{RH} は、相対湿度 RH% において

[数2]

$$\gamma_{RH} = \exp\{-0.8484(100 - RH)\}$$

により演算され、

前記有効材齢 t_e は、刻み時間項 Δt_i において、

[数3]

$$t_e = \sum_i \Delta t_i \cdot \gamma_T \cdot \gamma_{RH}$$

により演算される請求項 1 から 7 のいずれかに記載の有効材齢推定装置。

[請求項9]

請求項 1 から 8 のいずれかに記載の有効材齢推定装置と、

前記有効材齢推定装置の前記有効材齢演算部により演算された前記有効材齢に基づいて前記コンクリートの圧縮強度を演算する圧縮強度演算部を更に備える圧縮強度推定装置。

[請求項10]

前記圧縮強度は f_{ct} は、定数 s 、凝結時間 t_s 、コンクリートの呼び強

度 f_{c28} において

[数4]

$$f_{Ct} = \exp \left\{ s \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t_e - t_s}} \right) \right\} \cdot f_{c28}$$

又は、定数 a 、 b を用いて

[数5]

$$f_{Ct} = \{ t_e / (a + b t_e) \} \cdot f_{c28}$$

により演算される請求項 9 記載の圧縮強度推定装置。

[請求項11]

コンピュータを、

打設されたコンクリートの温度に従属する温度項を演算する温度項演算手段と、

前記コンクリートの相対湿度に従属する湿度項を演算する湿度項演算手段と、

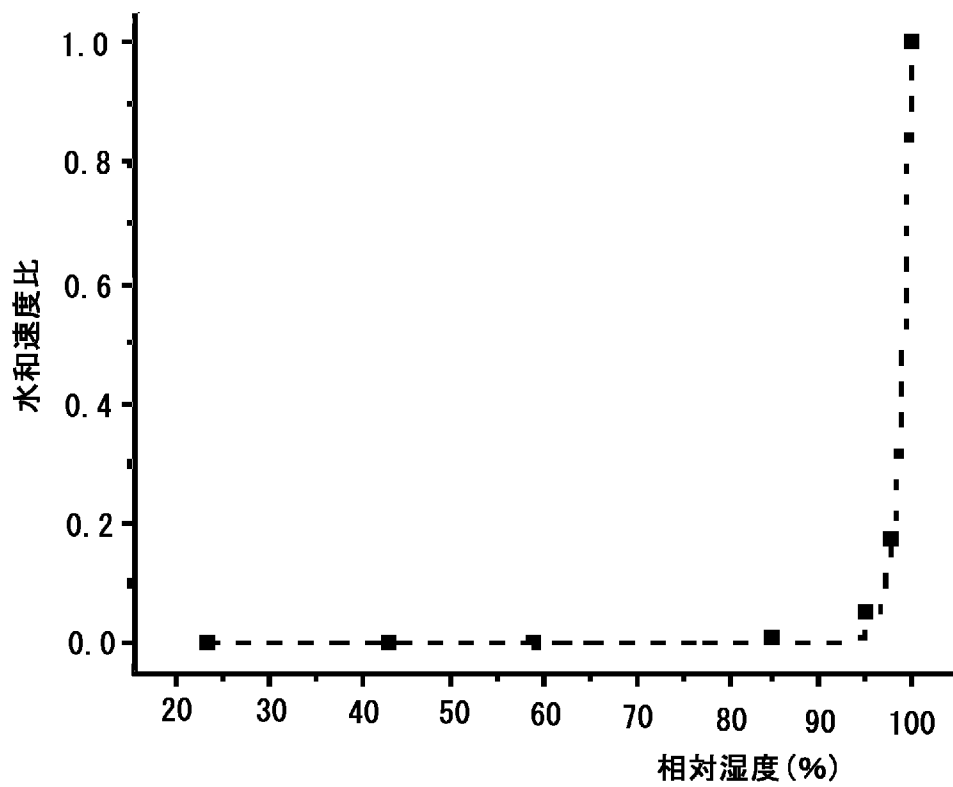
前記温度項と前記湿度項と刻み時間項とを積和して前記コンクリートの有効材齢を演算する有効材齢演算手段として機能させるためのプログラム。

[請求項12]

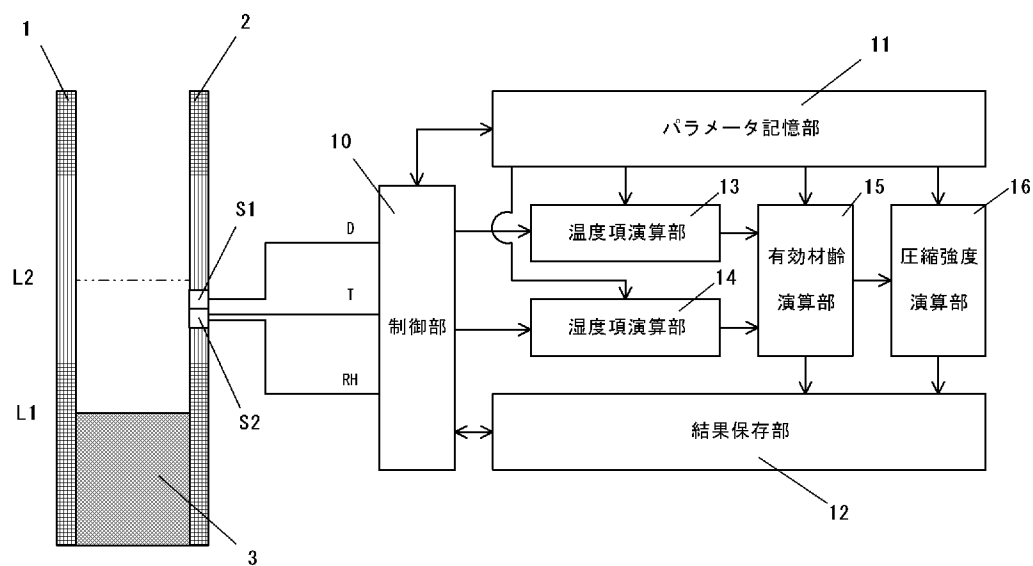
前記コンピュータを、更に、

前記有効材齢演算手段により演算された前記有効材齢に基づいて前記コンクリートの圧縮強度を演算する圧縮強度演算手段として機能させるための請求項 11 記載のプログラム。

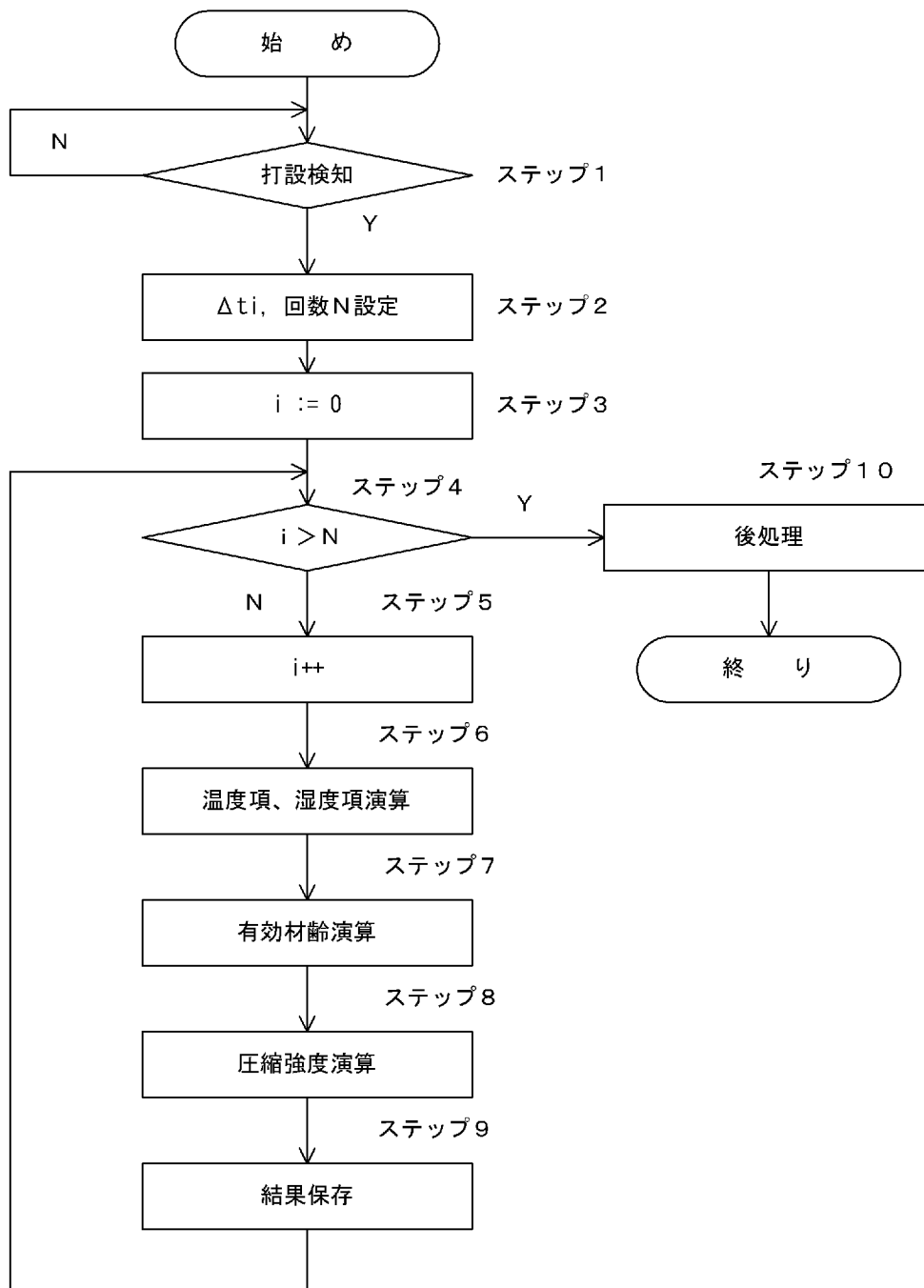
[図1]



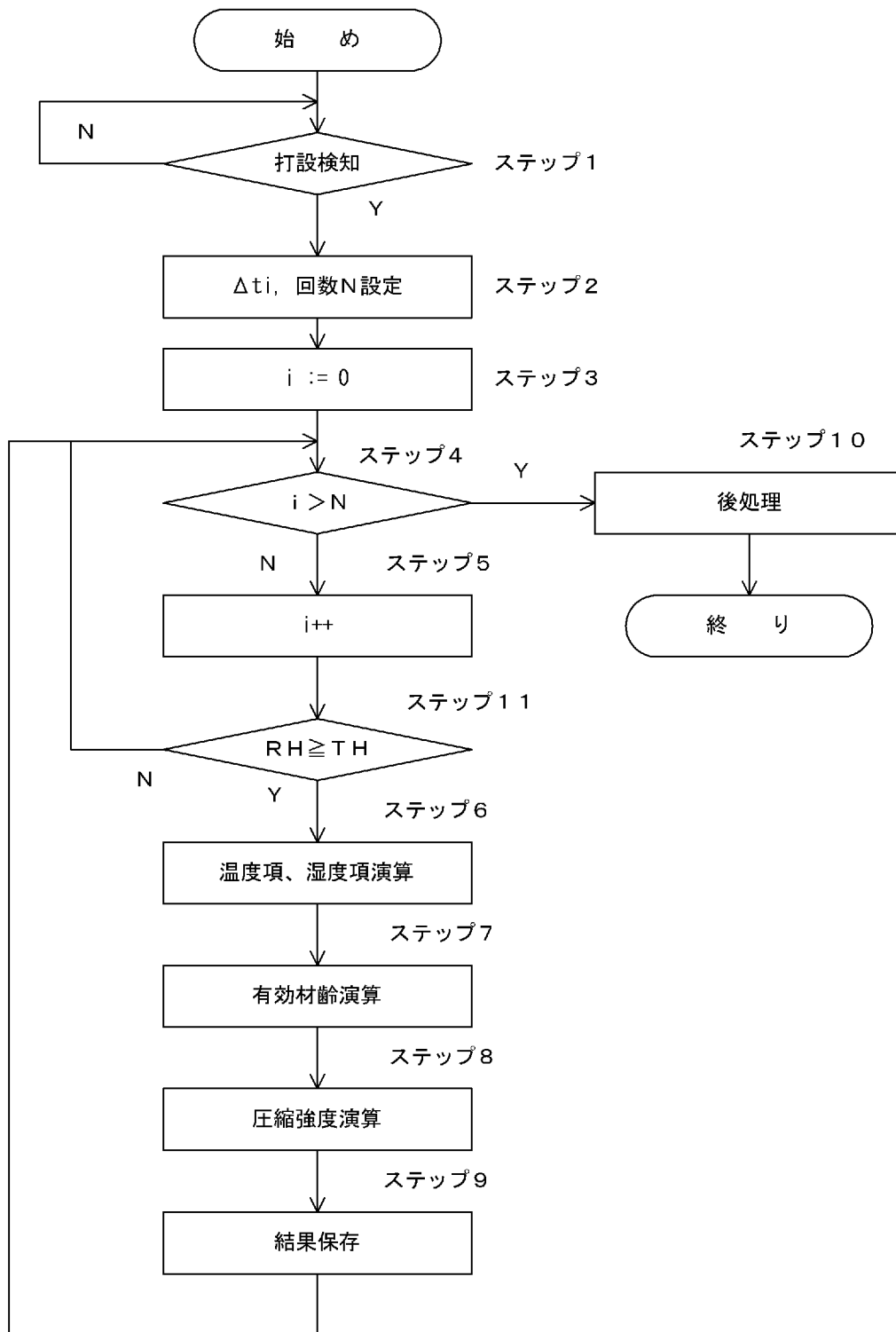
[図2]



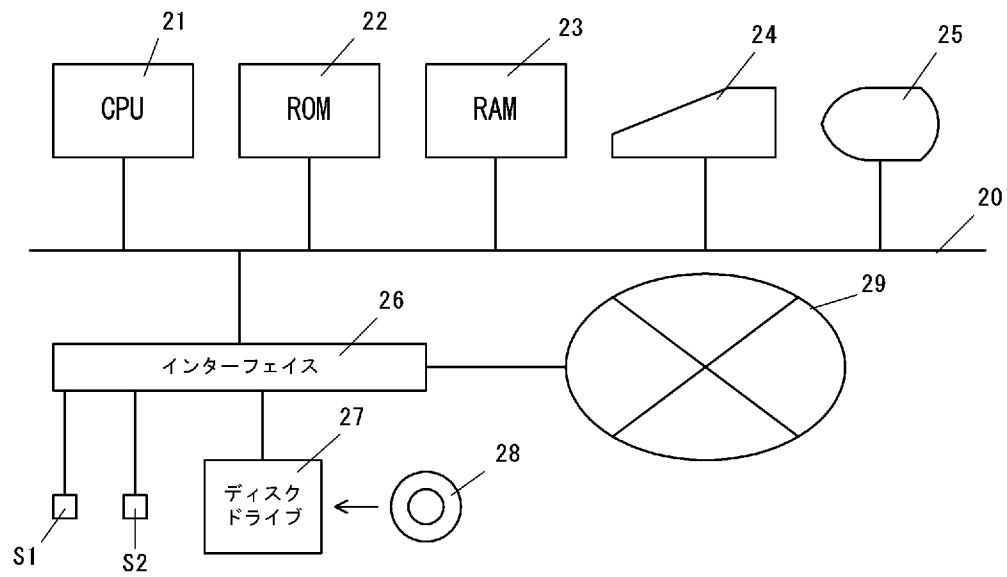
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/039895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01N33/38 (2006.01) i

FI: G01N33/38

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. G01N33/38

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-77241 A (JUST WILL CO., LTD.) 01 May 2014, paragraphs [0140]-[0143]	1-3, 9-12
Y	JP 2006-71575 A (TAIHEIYO CEMENT CORP.) 16 March 2006, paragraph [0038]	1-3, 9-12
Y	JP 2015-10918 A (KAJIMA CORP.) 19 January 2015, claims	2-3, 9-10, 12
Y	JP 2008-224649 A (TAIHEIYO CEMENT CORP.) 25 September 2008, paragraph [0017]	2-3, 9-10, 12
Y	JP 6050046 B2 (JUST WILL CO., LTD.) 21 December 2016, claims, paragraph [0012]	3, 9-10, 12



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

07.12.2020

Date of mailing of the international search report

22.12.2020

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/039895

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-35269 A (SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 24 February 2014, entire text, all drawings	1-12
A	JP 2013-244625 A (FUJITA CORP.) 09 December 2013, entire text, all drawings	1-12
A	JP 2016-37014 A (TAKENAKA CORP.) 22 March 2016, entire text, all drawings	1-12
A	JP 6553347 B2 (NIPPON SHARYO, LTD.) 31 July 2019, entire text, all drawings	1-12
A	CN 106018761 A (BOHAI GOLDEN EAGLE TECHNOLOGY DEVELOPMENT (BEIJING) CO., LTD.) 12 October 2016, entire text, all drawings	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/039895

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-77241 A	01.05.2014	(Family: none)	
JP 2006-71575 A	16.03.2006	(Family: none)	
JP 2015-10918 A	19.01.2015	(Family: none)	
JP 2008-224649 A	25.09.2008	(Family: none)	
JP 6050046 B2	21.12.2016	(Family: none)	
JP 2014-35269 A	24.02.2014	(Family: none)	
JP 2013-244625 A	09.12.2013	(Family: none)	
JP 2016-37014 A	22.03.2016	(Family: none)	
JP 6553347 B2	31.07.2019	(Family: none)	
CN 106018761 A	12.10.2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 33/38(2006.01)i FI: G01N33/38		
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）） G01N33/38		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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） JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)		
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
Y	JP 2014-77241 A (株式会社 J U S T . W I L L) 01.05.2014 (2014 - 05 - 01) [0140]-[0143]	1-3, 9-12
Y	JP 2006-71575 A (太平洋セメント株式会社) 16.03.2006 (2006 - 03 - 16) [0038]	1-3, 9-12
Y	JP 2015-10918 A (鹿島建設株式会社) 19.01.2015 (2015 - 01 - 19) 特許請求の範囲	2-3, 9-10, 12
Y	JP 2008-224649 A (株式会社太平洋コンサルタント) 25.09.2008 (2008 - 09 - 25) [0017]	2-3, 9-10, 12
Y	JP 6050046 B2 (株式会社 J U S T . W I L L) 21.12.2016 (2016 - 12 - 21) 特許請求の範囲, [0012]	3, 9-10, 12
A	JP 2014-35269 A (学校法人 芝浦工業大学) 24.02.2014 (2014 - 02 - 24) 全文全文	1-12
A	JP 2013-244625 A (株式会社フジタ) 09.12.2013 (2013 - 12 - 09) 全文全文	1-12
☒ 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 “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07.12.2020		国際調査報告の発送日 22.12.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 三好 貴大 2J 6200 電話番号 03-3581-1101 内線 3250

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 2016-37014 A (株式会社竹中工務店) 22.03.2016 (2016 - 03 - 22) 全文全図	1-12
A	JP 6553347 B2 (日本車輛製造株式会社) 31.07.2019 (2019 - 07 - 31) 全文全図	1-12
A	CN 106018761 A (BOHAI GOLDEN EAGLE TECHNOLOGY DEVELOPMENT (BEIJING) CO., LTD.) 12.10.2016 (2016 - 10 - 12) 全文全図	1-12

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/039895

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2014-77241	A	01.05.2014	(ファミリーなし)	
JP	2006-71575	A	16.03.2006	(ファミリーなし)	
JP	2015-10918	A	19.01.2015	(ファミリーなし)	
JP	2008-224649	A	25.09.2008	(ファミリーなし)	
JP	6050046	B2	21.12.2016	(ファミリーなし)	
JP	2014-35269	A	24.02.2014	(ファミリーなし)	
JP	2013-244625	A	09.12.2013	(ファミリーなし)	
JP	2016-37014	A	22.03.2016	(ファミリーなし)	
JP	6553347	B2	31.07.2019	(ファミリーなし)	
CN	106018761	A	12.10.2016	(ファミリーなし)	