

(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
2024年8月22日(22.08.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/171600 A1

(51) 国際特許分類:

G01N 21/88 (2006.01) G01B 11/24 (2006.01)
E04G 23/02 (2006.01) G06Q 50/08 (2012.01)
E21D 11/10 (2006.01)

〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島5 7
7 番地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa
(JP). 石塚 悠也 (ISHIZUKA Yuya); 〒2588577
神奈川県足柄上郡開成町牛島5 7 7 番地 富
士フィルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045221

(22) 国際出願日: 2023年12月18日(18.12.2023)

(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 2023-020167 2023年2月13日(13.02.2023) JP

(71) 出願人: 富士フィルム株式会社 (FUJIFILM
CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港
区西麻布2丁目2 6番3 0号 Tokyo (JP).

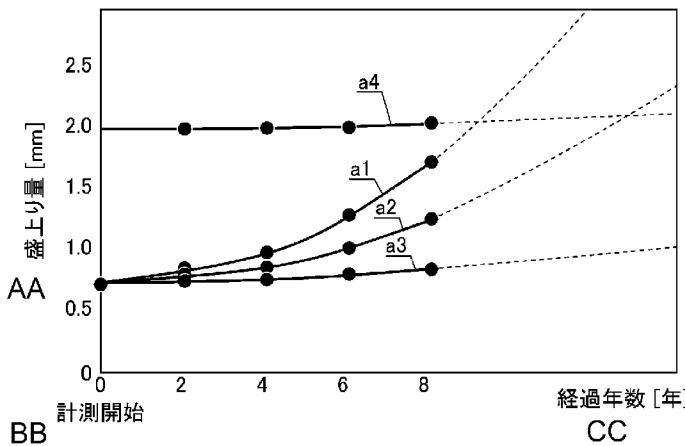
(72) 発明者: 西浦 洋輔 (NISHIURA Yosuke);
〒2588577 神奈川県足柄上郡開成町牛島5 7
7 番地 富士フィルム株式会社内 Kanagawa
(JP). 中村 孝一郎 (NAKAMURA Koichiro);

(74) 代理人: 松浦 憲三, 外 (MATSUURA Kenzo et
al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目
8 番 1 号 新宿ビルディング5 階 新都心
国際特許事務所 Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: FLAKING PREDICTION DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 剥落予測装置、方法及びプログラム



AA Amount of bulging
BB Start of measurement
CC Number of years elapsed [years]

(57) Abstract: Provided are a flaking prediction device, method, and program whereby flaking of a surface material of a building can be precisely predicted. A processor in the flaking prediction device detects an amount of bulging of a surface at one or more points of interest of the surface on the basis of three-dimensional measurement data obtained by measuring the three-dimensional shape of the surface of a building, there being a plurality of items of three-dimensional measurement data measured for each inspection of the building, and the processor predicts a future amount of bulging at a point of interest on the basis of the amount of bulging for each inspection and a period of time elapsed since inspection. A first graph indicating a change over time in the amount of bulging at the point of interest and a second graph indicating the predicted change over time in the amount of bulging are created, and the created first graph and second graph are output to a display.

SL, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 建造物の表面の材料の剥落を精度よく予測することができる剥落予測装置、方法及びプログラムを提供する。剥落予測装置のプロセッサは、建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出し、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測する。そして、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフとを作成し、作成した第1グラフ及び第2グラフを表示器に出力する。

明 細 書

発明の名称：剥落予測装置、方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は剥落予測装置、方法及びプログラムに係り、特に建造物の表面の材料（コンクリート等）の剥落を予測する技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、コンクリート片の剥落につながるコンクリートの浮きや内部空洞を把握するために、特許文献1-3に記載の技術が提案されている。

[0003] 特許文献1に記載の剥落予測診断方法は、赤外線カメラでコンクリート建造物表面の赤外線熱画像を撮影し、同時に表面付近の外気温を計測し、赤外線熱画像及び外気温に基づいて、健全部と剥離部との間における温度差としての剥離部温度差と、健全部の表面温度と外気温との差としての測定温度環境を算出し、算出した測定温度環境に対する算出した剥離部温度差との比率として温度環境係数を算出、温度環境係数に応じて、かぶりコンクリート（鉄筋面からコンクリート表面までのコンクリート）が剥落する危険度を定量評価する。また、前回算出した剥落危険度と今回算出した剥落危険度とを比較して剥落時期を予測する。

[0004] 特許文献2に記載の点検方法は、点検用ハンマー装置により検査対象を打撃し、打撃により生じた音圧の時刻歴データに基づいて検査対象の状態を判断する。

[0005] 特許文献3に記載のコンクリート建造物の非破壊検査方法は、一部又は全体が浸水したコンクリート建造物の浸水部分に超音波送信器及び受信器を接触させ、送信器からコンクリート建造物に横波超音波を入射しつつ、コンクリート建造物の共振振動を受信器で検出し、受信器の検出波形に基づいて、コンクリート建造物の背面損傷及び／又は内部損傷を判定する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2016-006398号公報

特許文献2：特開2020-098098号公報

特許文献3：特開2006-105680号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載の剥落予測診断方法は、赤外線カメラでコンクリート建造物を撮影した熱画像を用いるため、高い精度で剥落予測することは困難である。例えば、建造物に日光が当たっているか否か、日光の強度、及び外気温度等の様々な環境条件で、剥離部が健全部よりも温度が高くなったり、低くなったりする。また、赤外線カメラで熱画像を撮影する際に、前回と今回とで同じ環境条件下で建造物を撮影することは難しく、前回算出した剥落危険度と今回算出した剥落危険度との比較から、高い精度で剥落予測することは困難である。

[0008] 特許文献2に記載の点検方法の場合、大面積の対象物を打音だけで健全度を判断するには多くの時間がかかるという問題があり、また、特許文献3に記載のコンクリート建造物の非破壊検査方法は、コンクリート建造物の一部又は全体の浸水部分に超音波送信器及び受信器を接触させる必要がある。尚、特許文献2-3には、建造物の表面の材料の剥落を予測する記載はない。

[0009] 本開示の技術に係る一つの実施形態は、建造物の表面の材料の剥落を精度よく予測することができる剥落予測装置、方法及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 第1態様に係る発明は、プロセッサと、プロセッサに実行させるプログラムを記憶するメモリと、を備えた剥落予測装置であって、プロセッサは、建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出し、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測し、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第

2 グラフとを作成し、作成した第1 グラフ及び第2 グラフを出力する、剥落予測装置である。

[0011] 本発明の第1 態様によれば、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出し、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測する。そして、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1 グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第2 グラフとを作成し、作成した第1 グラフ及び第2 グラフを出力する。ユーザ（点検員）は、第1 グラフ及び第2 グラフから経時変化する盛上がり量（浮き量）を把握することができ、将来の建造物の表面の材料の剥落の時期も予測することができる。したがって、剥落の時期が早い箇所は、優先して補修する等の対策を立てることができる。

[0012] 本発明の第2 態様に係る剥落予測装置は、第1 態様において、プロセッサは、注目点における点検開始時点の盛上がり量と点検開始時点以降の点検時の盛上がり量との差分から注目点の浮き量を検出し、点検の経時期間と点検開始時点以降の点検ごとの浮き量とに基づいて、注目点の将来の浮き量を予測し、第1 グラフは注目点の浮き量の経時変化を示すグラフであり、第2 グラフは予測した浮き量の経時変化を示すグラフである。

[0013] 本発明の第2 態様によれば、建造物の表面の注目点の浮き量の実際の経時変化、及び将来の浮き量の予測した経時変化をそれぞれ第1 グラフ及び第2 グラフにより把握することができる。これにより、施工時から盛り上がっていた箇所と鉄筋の錆等により後発的に盛り上がった箇所（浮き）との区別を容易に行うことができる。

[0014] 本発明の第3 態様に係る剥落予測装置は、第1 態様又は第2 態様において、第1 グラフと第2 グラフとは異なる線種により作成された連続するグラフであることが好ましい。

[0015] 本発明の第4 態様に係る剥落予測装置は、第2 態様において、プロセッサは、設定された剥落危険閾値に基づいて剥落危険線又は剥落危険領域を作成

し、剥落危険線又は剥落危険領域を第1グラフ及び第2グラフに合成することが好ましい。これにより、ユーザは、第2グラフが剥落危険線を超える時点、又は剥落危険領域に入る時点を、将来の剥落の時期として把握することができる。

[0016] 本発明の第5態様に係る剥落予測装置は、第2態様において、プロセッサは、第2グラフと設定された剥落危険閾値とを比較し、第2グラフが剥落危険閾値を超える時期を剥落時期と予測し、剥落時期を報知することが好ましい。

[0017] 本発明の第6態様に係る剥落予測装置は、第4態様又は第5態様において、プロセッサは、剥落危険閾値をユーザ入力により受け付け、又は自動的に剥落危険閾値を予測し、受け付けた剥落危険閾値又は予測した剥落危険閾値を設定された剥落危険閾値として使用することが好ましい。剥落する場合の浮き量は、ユーザが経験上知っている場合があり、ユーザの経験に合った剥落危険閾値を設定することができ、あるいは自動的に最適化した剥落危険閾値を設定することができる。

[0018] 本発明の第7態様に係る剥落予測装置は、第2態様において、プロセッサは、建造物の表面の点検時点における浮き量に基づいて表面の浮き量の大きさを可視化する表面性状画像を作成し、表面性状画像を表示器に表示させ、表示器に表示された表面性状画像上のいずれかの位置を注目点としてユーザ入力により受け付けると、受け付けた注目点に対応して作成された第1グラフ及び第2グラフを表示器に表示させることが好ましい。

[0019] 本発明の第7態様によれば、ユーザが関心のある注目点を容易に指示することができ、ユーザが指示した注目点に対応して作成された第1グラフ及び第2グラフを表示器に表示させることとで、ユーザは、注目点の浮き量を経時変化及び将来の剥落の時期等を把握することができる。

[0020] 本発明の第8態様に係る剥落予測装置は、第7態様において、表面性状画像は、浮き量に応じて輝度又は色が異なる領域を有する画像、あるいは浮き量に応じた等高線図であることが好ましい。

- [0021] 本発明の第9態様に係る剥落予測装置は、第1態様において、3次元測定データは、LiDAR又はステレオカメラにより測定されたデータとすることができる。
- [0022] 本発明の第10態様に係る剥落予測装置は、第1態様において、3次元測定データは、FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式のLiDARにより測定されたデータであることが好ましい。これによれば、目視では確認できない浮き量の検出が可能である。
- [0023] 本発明の第11態様に係る剥落予測装置は、第1態様において、複数の3次元測定データは、建造物の表面の同じ位置であって、盛上がり量が変わっていない位置の複数の3次元測定データが一致するように調整されていることが好ましい。点検ごとに測定される複数の3次元測定データの位置合わせを行い、盛上がり量が変わる箇所を正確に検出できるようにするためである。
- [0024] 本発明の第12態様に係る剥落予測装置は、第1態様において、建造物の表面の材料は、コンクリート又はコンクリート補修材を含むことが好ましい。
- [0025] 第13態様に係る発明は、建造物の表面の剥落を予測する剥落予測方法であって、建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出するステップと、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測するステップと、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフとを作成するステップと、作成した第1グラフ及び第2グラフを出力するステップと、をそれぞれプロセッサが実行する剥落予測方法である。
- [0026] 本発明の第14態様に係る剥落予測方法は、第13態様において、注目点における点検開始時点の盛上がり量と点検開始時点以降の点検時の盛上がり量との差分から注目点の浮き量を検出するステップと、点検の経時期間と点

検開始時点以降の点検ごとの浮き量とに基づいて、注目点の将来の浮き量を予測するステップと、をそれぞれプロセッサが実行し、第1グラフは注目点の浮き量の経時変化を示すグラフであり、第2グラフは予測した浮き量の経時変化を示すグラフであることが好ましい。

[0027] 本発明の第15態様に係る剥落予測方法は、第14態様において、設定された剥落危険閾値に基づいて剥落危険線又は剥落危険領域を作成するステップと、剥落危険線又は剥落危険領域を第1グラフ及び第2グラフに合成するステップと、をそれぞれプロセッサが実行することが好ましい。

[0028] 本発明の第16態様に係る剥落予測方法は、第14態様において、第2グラフと設定された剥落危険閾値とを比較し、第2グラフが剥落危険閾値を超える時期を剥落時期と予測するステップと、剥落時期を報知するステップと、をそれぞれプロセッサが実行することが好ましい。

[0029] 第17態様に係る発明は、建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出する機能と、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測する機能と、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフとを作成する機能と、作成した第1グラフ及び第2グラフを出力する機能と、をそれぞれコンピュータに実行させる、剥落予測プログラムである。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、建造物の表面の材料の剥落を精度よく予測することができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]図1は、建造物の施工後の時間経過と建造物の表面変位との関係を示すグラフと、各点検時における建造物の断面の一例を示す図である。

[図2]図2は、本発明に係る剥落予測装置を含む建造物の点検システムの概略図である。

[図3]図3は、3次元測定装置の一実施形態のFMCW方式のLiDARを含む外観図である。

[図4]図4は、ステレオカメラにより建造物の表面の3次元形状を測定する実施形態を示す図である。

[図5]図5は、建造物の表面が剥離するメカニズムの一例を示す建造物の表面近傍の断面図である。

[図6]図6は、建造物の表面が剥離するメカニズムの他の例を示す建造物の表面近傍の断面図である。

[図7]図7は、本発明に係る剥落予測装置のハードウェア構成の実施形態を示すブロック図である。

[図8]図8は、建造物の表面の盛りりと浮きを特定する方法を示す図である。

[図9]図9は、表示器に表示される表面性状画像の一例を示す図である。

[図10]図10は、建造物の注目点の表面の経年変化する盛りり量を示す第1グラフ及び第2グラフである。

[図11]図11は、建造物の注目点の表面の経年変化する浮き量を示す第1グラフ及び第2グラフである。

[図12]図12は、建造物の注目点の表面の経年変化する浮き量の変化率を示す第1グラフ及び第2グラフである。

[図13]図13は、本発明に係る剥落予測方法の実施形態を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、添付図面に従って本発明に係る剥落予測装置、方法及びプログラムの好ましい実施形態について説明する。

[0033] [本発明の概要]

図1は、建造物の施工後の時間経過と建造物の表面変位との関係を示すグラフと、各点検時における建造物の断面の一例を示す図である。

[0034] 図1において、建造物の点検開始時点（施工時の計測開始時点） t_1 、及び計測開始時点以降の各点検時点（ t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 、…）で建造物

の表面の変位を測定する。建造物の表面の同じ位置の変位を比較することで、建造物の施工からの時間経過に伴って表面が盛り上がる箇所を観測することができる。

[0035] 図1に示す例では、計測開始時点 t_1 の建造物は、(A)正常状態であるが、点検時点 t_2 には、建造物の劣化現象((B)ひび割れ)により表面がわずかに盛り上がる。この時期の盛上がりは、目視等では確認できない程度である。尚、「ひび割れ」は、建造物の内部の鋼材(鉄筋)が腐食して太ることが原因となる場合が多い。

[0036] 点検時点 t_3 に示す(C)浮き初期段階は、鉄筋の腐食の進行に伴って「ひび割れ」も進行し、建造物の表面が盛り上がる(「浮き」が発生する)。

[0037] 点検時点 t_4 に示す(D)浮き末期段階では、「ひび割れ」が更に進行し、建造物の表面に達し、「浮き」も更に大きくなる。

[0038] 点検時点 t_5 は、かぶりコンクリート(鉄筋面からコンクリート表面までのコンクリート)が落下する時点を示している((E)剥離・剥落)。

[0039] 図1に示す例では、点検ごとに測定される建造物の表面の変位(盛上がり量)が徐々に大きくなり、かぶりコンクリートが剥離・剥落に至ることが分かる。

[0040] 建造物の劣化現象は、鉄筋腐食による鉄筋の劣化の他に、コンクリートの強度劣化、ひび割れ、表面劣化等のコンクリートの劣化がある。建造物の劣化現象はいずれも表面が盛り上がるため、表面の盛上り量の経時変化から、劣化原因にかかわらず剥離・剥落の時期を予測することができる。

[0041] また、剥離・剥落の時期を予測することができれば、適切な補修計画を立てることができる。

[0042] そこで、本発明は、建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、表面の1点以上の注目点における表面の盛上がり量を検出し、点検の経時期間と点検ごとの盛上がり量とに基づいて、注目点の将来の盛上がり量を予測し、注目点の盛上がり量の経時変化を示す第1グラフと予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフとを作成し、作成した第1グラフ

及び第2グラフを出力する。

[0043] [点検システムの概略構成]

図2は、本発明に係る剥落予測装置を含む建造物の点検システムの概略図である。

[0044] 図2に示す点検システムは、鉄道のトンネルを点検するシステムであり、3次元測定装置10と、データ処理装置14と、電源装置16とを備えている。

[0045] 3次元測定装置10は、三脚12に搭載されているが、線路上を走行する台車18に搭載してもよい。

[0046] 3次元測定装置10は、本例ではLiDAR (Light Detection And Ranging) であり、特に数百 μ mオーダで測距できるFMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式のLiDARであるが、本発明は、FMCW方式のLiDARで測定された測距データ (3次元測定データ) を使用する場合に限定されない。

[0047] [3次元測定装置]

図3は、3次元測定装置の一実施形態のFMCW方式のLiDARを含む外観図である。

[0048] 図3において、3次元測定装置10は、図2に示したように線路上を走行する台車18に搭載され、鉄道の建造物であるトンネルの表面までの距離を測定する。

[0049] 台車18には、3次元測定装置10の他にデータ処理装置14及び電源装置16が搭載される。電源装置16は、3次元測定装置10及びデータ処理装置14に電源を供給する。

[0050] 3次元測定装置10は、トンネルの壁面 (表面) 20までの距離を測定することで、トンネルの壁面20の形状を示す3次元測定データを取得する。

[0051] 図3に示す例では、3次元測定装置10は、FMCW方式のレーザ光を、図3に示す壁面20の左右方向 (主走査方向) に高速で走査するとともに、走査ラインを壁面20の上下方向 (副走査方向) に移動させて走査する。こ

れにより、3次元測定装置10の測定ヘッドからレーザ光の各走査ライン上の多数の測定点までの距離を測定する。そして、レーザ光の照射方向と測距距離とからなる極座標系の3次元データを直角座標系の3次元データに変換することで、壁面20の形状を示す3次元測定データを取得する。本例では、3次元測定データとして、多数の測定点の3次元測定データ（点群データ）を取得する。

[0052] 3次元測定装置10は、微小な壁面20の凹凸形状の測定を、以下の条件で行うことが考えられる。

- ・測定精度：50 μm
- ・測定距離：2～7 m
- ・測定速度：面積で10 $\text{m}^2/\text{秒}$ （レーザ光の速度は4000 rpm相当）

[0053] また、3次元測定装置10は、例えば、台車18の移動中に一定のインターバルで壁面20の3次元データを取得するが、各インターバルで取得する3次元データの測定領域が一部重複するように3次元データを取得することが好ましい。各インターバルで取得した3次元データをパノラマ合成するためである。

[0054] 3次元測定装置10は、FMCW方式のLiDARとすることで、上記の測定精度等を実現することができるが、本発明において要求される3次元測定データの測定精度等の条件は、上記の例に限定されず、また、3次元測定装置もFMCW方式のLiDARに限らず、種々のものを適用することができる。

[0055] 例えば、FMCW方式のLiDARの代わりに、パルス投光した光の飛行時間を測定して壁面20までの距離を測定するTOF（Time of Flight）方式のLiDARを使用することができる。また、ステレオカメラにより壁面20の3次元形状を測定することができる。

[0056] 図4は、ステレオカメラにより建造物の表面の3次元形状を測定する実施形態を示す図である。

[0057] 図4に示すステレオカメラは、左カメラ30Lと右カメラ30Rからなり

、撮影対象の壁面 20 までの距離を三角測距法により測定する。

[0058] その他、壁面 20 までの距離（即ち、壁面の 3 次元測定データ）を測定する 3 次元測定装置としては、特開平 9-297014 号公報に記載のレーザレーダ 3 次元形状計測装置、特開 2021-2016-31249 号公報に記載の撮影装置及びスリットレーザ光投器とを用いた光切断法による計測装置など、各種の 3 次元測定装置を適用することができる。

[0059] トンネルの壁面 20 の 3 次元形状は、トンネルの計測開始（施工）時、及び施工後の定期点検時に 3 次元測定装置 10 により測定する。測定された壁面の 3 次元測定データは、計測開始時及び定期点検時とともに、データ処理装置 14 内の記憶装置又は外部の記憶装置に記憶させる。

[0060] [建造物の表面材料の剥離のメカニズム]

図 5 は、建造物の表面が剥離するメカニズムの一例を示す建造物の表面近傍の断面図である。

[0061] 図 5 の「(A) 正常状態」は、例えば、建造物の施工時等のように正常な状態をいう。この状態の表面を基準面とする。尚、図 5 において、40 は、鋼材（鉄筋）である。

[0062] 図 5 の「(B) ひび割れ」、「(C) 浮き初期段階・鋼材破断」、「(D) 浮き末期段階」、及び「(C) 剥離」は、鉄筋 40 の腐食（例：塩害・漏水）等が原因となり、トンネルの施工時からの経過年数にしたがって発生する。

[0063] 図 5 の「(C) 浮き初期段階・鋼材破断」の以降では、建造物の表面は、基準面よりも徐々に高くなり（「浮き」が発生し）、かぶりコンクリートの剥離に至る。

[0064] 図 6 は、建造物の表面が剥離するメカニズムの他の例を示す建造物の表面近傍の断面図である。

[0065] 図 6 の「(A) 正常状態」は、例えば、建造物の施工時等のように正常な状態をいう。この状態の表面を基準面とする。尚、図 6 において、50 は、反応性骨材を示し、60 は、鋼材を示す。

[0066] 図5の「(B) ひび割れ」、「(C) 浮き初期段階・鋼材破断」、「(D) 浮き末期段階」、及び「(C) 剥離」は、コンクリートの強度劣化（例：反応性骨材50のアルカリ反応）等が原因となり、施工時からの経過年数にしたがって発生する。

[0067] 図6の「(C) 浮き初期段階・鋼材破断」以降では、建造物の表面は、基準面よりも徐々に高くなり（「浮き」が発生し）、鋼材60の面から表面までのかぶりコンクリートの剥離に至る。

[0068] 図5及び図6に示すように、建造物の表面が経時変化して「浮き」が発生すると、将来、「剥離」が発生する。これは、「浮き」の原因に関わらず全て当てはまる。つまり、鉄筋の有無、材質、形状、またコンクリートの材質、形状、コンクリートへの鉄筋の入り方、工法、腐食原因（中性化や凍害、施工不良など）の原因を問わない。

[0069] [剥落予測装置のハードウェア構成]

図7は、本発明に係る剥落予測装置のハードウェア構成の実施形態を示すブロック図である。

[0070] 図7に示す剥落予測装置100は、例えば、パーソナルコンピュータ、ワークステーション等により構成され、プロセッサ110、メモリ120、表示器130、入出力インターフェース140、及び操作部150を備える。この剥落予測装置100は、図2に示したデータ処理装置14の一機能として組み込むことができる。

[0071] プロセッサ110は、CPU (Central Processing Unit) 等から構成され、剥落予測装置100の各部を統括制御するとともに、剥落予測プログラムを実行することにより建造物の表面の剥落を予測するための各種の処理を実行する。尚、プロセッサ110による各種の処理の詳細については後述する。

[0072] メモリ120は、フラッシュメモリ、ROM (Read-only Memory)、及びRAM(Random Access Memory)、ハードディスク装置等を含む。フラッシュメモリ、ROM又はハードディスク装置は、オペレーションシステム、本発

明に係る剥落予測プログラムを含む各種のプログラム等を記憶する不揮発性メモリである。また、フラッシュメモリ、及びハードディスク装置等の不揮発性メモリ（記憶装置）には、建造物の計測開始時、及び定期点検時に3次元測定装置10により測定された、建造物の表面の3次元測定データが、計測時点とともに記憶されている。

[0073] RAMは、プロセッサ110による処理の作業領域として機能する。また、フラッシュメモリ等に格納された各種のプログラム、及び建造物の表面の3次元測定データ等を一時的に記憶する。尚、プロセッサ110が、メモリ120の一部（RAM）を内蔵していてもよい。

[0074] 表示器130は、剥落予測装置100の操作用の画面を表示する他、剥落予測装置100により作成されたグラフを表示し、また建造物の表面性状画像等を表示し、建造物の表面の注目点のユーザ入力を操作部150から受け付ける場合のGUI（Graphical User Interface）の一部としても使用される。

[0075] 入出力インターフェース140は、外部機器と接続可能な接続部、及びネットワークと接続可能な通信部等を含む。外部機器と接続可能な接続部としては、USB（Universal Serial Bus）、HDMI（High-Definition Multimedia Interface）（HDMIは登録商標）等を適用することができる。

[0076] 剥落予測装置100は、データ処理装置14とは独立した装置として構成することができ、この場合、プロセッサ110は、データ処理装置14から入出力インターフェース140を介して建造物の表面の3次元測定データを取得し、あるいは3次元測定データがクラウドに記憶されている場合には、クラウドから入出力インターフェース140を介して建造物の表面の3次元測定データを取得することができる。また、プロセッサ110は、このようにして取得した3次元測定データをメモリ120に記憶させることができる。

[0077] 操作部150は、マウス等のポインティングデバイス、キーボード等を含み、表示器130の表示画面を使用し、ユーザ操作による指示入力を受け付

けるGUIの一部として機能する。

[0078] 図8は、建造物の表面の盛りりと浮きを特定する方法を示す図である。

[0079] 図8(A)は、建造物の表面とその表面を走査するレーザ光の走査ラインを示す図である。

[0080] 3次元測定装置10は、レーザ光の走査ライン上の多数の測定点の3次元測定データ(点群データ)を取得する。

[0081] プロセッサ110は、図5等にした基準面に対する点群データの基準面の法線方向の距離を建造物の表面の高さとして算出する。尚、基準面は、適宜定義することができる。

[0082] 図8(B)は、走査ライン上の点群データから得られる建造物の表面の高さを示す波形図である。

[0083] 図8(C)は、図8(B)にした建造物の表面の点検開始時点以降に測定された、同じ走査ライン上の点群データから得られる建造物の表面の高さを示す波形図である。

[0084] 図8(D)は、図8(C)にした表面の高さを示す波形から、図8(B)にした表面の高さを示す波形を減算した差分を示す波形図である。

[0085] 図8(D)に示す波形は、図8(B)及び(C)にした建造物の表面の各計測時点の間の経時変化した表面の変化量(浮き)を示す波形図である。

[0086] したがって、図8(D)において、「浮き」として表れない部分は、表面の高さの経時変化がない部分である。そして、経時変化がなく、かつ表面の高さが凸となっている箇所は、施工時からの盛りり部分と見なすことができる(図8(B)参照)。

[0087] 尚、建造物の表面の各計測時点の複数の3次元測定データは、建造物の表面の同じ位置であって、盛りり量が変わっていない位置の複数の3次元測定データが一致するように調整されることが好ましい。これにより、図8(D)にしたように、盛りり量が変わっていない位置の盛りり量の差分である浮き量をゼロにする(即ち、3次元測定データを一致させる)ことができる。

- [0088] プロセッサ110は、例えば、最新の点検時に取得した建造物の表面の3次元測定データ（点群データ）に基づいて表面の盛り量の大きさを可視化する表面性状画像を作成する。
- [0089] プロセッサ110は、作成した表面性状画像を表示器130に表示させる。
- [0090] 図9は、表示器に表示される表面性状画像の一例を示す図である。
- [0091] 図9に示す表面性状画像は、建造物の表面を一様に分布する複数点で構成された画像である。この画像の各点は、各点における盛り量の大きさに応じて輝度又は色が異なる輝度データ又は色データで構成されている。
- [0092] したがって、表示器130に表示される表面性状画像は、建造物の表面を一様に分布する複数点で構成された画像であり、各点は、その位置における盛り量の大きさに応じて輝度又は色が異なる領域（点領域）を有する画像である。
- [0093] 図9において、枠A1～A4に含まれる点の画像は、他の領域の点の画像と比較して輝度又は色が異なる。これにより、ユーザは、枠A1～A4に含まれる点の位置の盛り量は、他の領域の点の位置の盛り量と比較して大きいことを認識することができる。
- [0094] ここで、ユーザが、表示器130に表示された表面性状画像上のいずれかの位置（本例では、点の位置）を注目点として操作部150により入力する場合について説明する。
- [0095] 尚、図9に示す実施形態では、表示器130に表示される表面性状画像は、建造物の表面を一様に分布する複数点で構成された画像であるが、これに限らず、例えば、建造物の表面の盛り量に応じたヒートマップ、濃淡画像、あるいは等高線図とすることができる。また、建造物の表面の盛り量の代わりに、浮き量に応じて表面性状画像を作成してもよい。
- [0096] プロセッサ110は、表示器130に表示された表面性状画像上のいずれかの位置を注目点としてユーザ入力により受け付けると、受け付けた注目点に対応するグラフを作成する。

[0097] <グラフの生成及び表示>

プロセッサ110は、建造物の計測開始時、及び定期点検時に測定した建造物の3次元測定データのうち、ユーザ入力を受け付けた注目点の位置における3次元測定データに基づいて盛上り量を検出する。

[0098] 続いて、プロセッサ110は、点検の経時期間と点検ごとの盛上り量とに基づいて、注目点の将来の盛上り量を予測する。実測した注目点の盛上り量の経時変化を示すグラフ（第1グラフ）と、予測した注目点の盛上り量の経時変化を示すグラフ（第2グラフ）とを作成する。

[0099] 図10は、建造物の注目点の経年変化する盛上り量を示す第1グラフ及び第2グラフである。

[0100] 図10において、グラフa1は、図9上で枠A1内のいずれかの点の位置が注目点としてユーザにより入力された場合に、プロセッサ110は、その注目点に対応する表面の計測開始時（0年）の盛上り量、経過年数2年、4年、6年、及び8年の定期点検時の表面の盛上り量を示す点をプロットし、プロットした各点を繋ぐことで実測した注目点のヒヨ面の盛上り量の経時変化を示す第1グラフを作成し、また、注目点に対応する表面の計測開始時の盛上り量、及び各点検時の表面の盛上り量から将来の盛上がり量を予測し、予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフを作成する。

[0101] 第1グラフは、プロットした各点が（N+1）個の離散点の場合、例えば、（N+1）個の離散的な点を滑らかに繋ぐN次スプライン曲線とすることができ、第2グラフは、そのスプライン曲線上のグラフとすることができる。

[0102] プロセッサ110は、第1グラフ及び第2グラフを作成すると、第1グラフ及び第2グラフを表示器130に出力する。第1グラフと第2グラフとは異なる線種により作成された連続するグラフであり、図10に示す例では、実測した注目点の表面の盛上り量の経時変化を示す第1グラフは実線で表示し、予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフは点線で表示し、ユーザは第1グラフと第2グラフの線種の違いにより両者を区別することができる。

る。

[0103] 図10には、4本のグラフa1～a4が示されているが、図9上で枠A1内のいずれかの点の位置が注目点としてユーザにより入力された場合には、グラフa1のみを表示器130に表示する。また、図9上で枠A2内のいずれかの点の位置が注目点としてユーザにより入力された場合には、プロセッサ110は、その注目点に対応する計測開始時、定期点検時の盛上り量を示す点をプロットし、プロットした各点に基づいて第1グラフ及び第2グラフを作成してグラフa2を表示器130に表示し、同様に図9上で枠A3内のいずれかの点の位置が注目点としてユーザにより入力された場合、あるいは図9上で枠A4内のいずれかの点の位置が注目点としてユーザにより入力された場合も、グラフa3あるいはグラフa4を表示器130に表示させる。

[0104] 上記の実施形態では、実測した注目点の表面の盛上り量の経時変化を示す第1グラフ、及び予測した盛上がり量の経時変化を示す第2グラフを作成し、表示器130に表示するようにしたが、実測した注目点の表面の浮き量の経時変化を示す第1グラフ、及び予測した浮き量の経時変化を示す第2グラフを作成し、表示器130に表示するようにしてもよい。

[0105] 「浮き量」は、図8を用いて説明したように、各点検時に測定した盛上り量から、同じ位置の計測開始時の盛上り量を減算した差分により算出することができる。

[0106] プロセッサ110は、このようにして算出した「浮き量」の経時変化を示す第1グラフ、及び予想した「浮き量」の経時変化を示す第2グラフを作成し、作成した第1グラフ及び第2グラフを表示器130に表示させることができる。

[0107] 図11は、建造物の注目点の表面の経年変化する浮き量を示す第1グラフ及び第2グラフである。

[0108] 図11には、4本のグラフa1～a4が示されているが、図10に示した場合と同様に、図9に示した枠A1～A4のうちのいずれの枠内の注目点がユーザにより指示されたかに応じて、その指示された注目点における浮き量

の経時変化に対応する第1グラフ及び第2グラフが作成され、表示器130に表示される。

[0109] 図11上で、建造物の計測開始時の浮き量はゼロであり、その後、経過年数に伴う建造物の劣化にしたがって浮き量が増加する。

[0110] また、図11には、剥落危険領域Bが表示されている。プロセッサ110は、設定された剥落危険閾値に基づいて剥落危険領域Bを作成し、作成した剥落危険領域を視認可能に第1グラフ及び第2グラフに合成し、表示器130に表示させる。

[0111] ここで、剥落危険閾値は、ユーザが操作部150を使用し、任意に設定できるようにしてもよい。

[0112] 剥落する浮き量は、ユーザが経験上知っている場合があり、ユーザの経験に合った剥落危険閾値を設定することができる。

[0113] また、自動的に剥落危険閾値を予測し、予測した剥落危険閾値を、設定された剥落危険閾値として使用するようにしてもよい。剥落危険閾値の予測は、過去に剥落したときの浮き量を含む統計データを使用した回帰分析により予測し、画像とAI (artificial intelligence) を用いて予測することが考えられる。

[0114] 図11に示す剥落危険領域Bは、設定された剥落危険閾値を超える浮き量の領域である。

[0115] 図11に示す例によれば、グラフa1、a2に対応する注目点は、浮き量の進行が早い悪性の浮きと判断でき、かつ剥落に至る時期(第2グラフが剥落危険閾値を超える剥落時期)も予測することができる。このような悪性の浮きは、建造物の機能に支障が生じない早い段階で優先して補修することが好ましい。一方、グラフa3、a4に対応する注目点は、浮き量の進行が遅い良性の浮きと判断することができる。

[0116] また、図11では、グラフの表示とともに剥落危険領域Bを表示するようにしたが、剥落危険領域Bの代わりに、設定された剥落危険閾値(剥落危険領域Bの下限の浮き量)を示す剥落危険線を表示するようにしてもよい。

- [0117] 図12は、建造物の注目点の表面の経年変化する浮き量の変化率を示す第1グラフ及び第2グラフである。
- [0118] プロセッサ110は、図11に示した浮き量の傾き（微分値）を演算することで浮き量の変化率を算出することができる。プロセッサ110は、このようにして算出した「浮き量の変化率」の経時変化を示す第1グラフ、及び予想した「浮き量の変化率」の経時変化を示す第2グラフを作成し、図12に示すように、作成した第1グラフ及び第2グラフを表示器130に表示させる。
- [0119] 尚、図12には、剥落危険閾値を示す剥落危険線Cが示されている。剥落危険線Cは、建造物の表面の剥離・剥落の危険を示す浮き量の変化率として設定された閾値である。
- [0120] ユーザは、図12に示した指標によっても建造物の表面の剥落の時期を予測することができる。
- [0121] [剥落予測方法]
- 図13は、本発明に係る剥落予測方法の実施形態を示すフローチャートである。
- [0122] 尚、図13に示す剥落予測方法は、図7に示した剥落予測装置100のプロセッサ110により行われる方法である。
- [0123] 図13において、プロセッサ110は、建造物の点検ごとに3次元測定装置10（図3参照）が測定した3次元測定データを取得する（ステップS10）。プロセッサ110は、データ処理装置14の記憶装置、クラウド等から3次元測定データを取得してもよいし、剥落予測装置100のメモリ120から取得してもよい。
- [0124] プロセッサ110は、3次元測定データに基づいて、建造物の表面の1点以上の注目点における表面の基準面からの盛り上り量を検出する（ステップS20）。尚、建造物の表面の1点以上の注目点は、ユーザが指定することができる。
- [0125] プロセッサ110は、点検の経時時間と点検ごとの盛り上り量に基づいて注

目点の将来の盛上り量を予測する（ステップS30）。

[0126] プロセッサ110は、実測した注目点の盛上り量の経時変化を示すグラフ（第1グラフ）と、予測した注目点の盛上り量の経時変化を示すグラフ（第2グラフ）とを作成する（ステップS40）。

[0127] プロセッサ110は、作成した第1グラフと第2グラフとを表示器130に出力する（ステップS50）。例えば、図10に示すように実測した注目点の盛上り量の経時変化を示す第1グラフは実線で表示させ、予測した注目点の盛上り量の経時変化を示す第2グラフは点線で表示させ、両者を識別可能に表示させることが好ましい。

[0128] ユーザは、第1グラフ及び第2グラフから、注目点は、盛上り量の進行が早い悪性の盛上りか、施工時から盛り上がっているか、あるいは盛上り量の進行が遅い良性の盛上りか等を判断することができる。

[0129] [その他]

本実施形態の建造物は、トンネルであるが、これに限らず、橋梁、ダム等の点検が行われる建造物であれば、いかなるものでもよい。建造物の表面の材料は、鉄筋コンクリート、コンクリート、及びモルタルなどのコンクリート補修材等を含む。

[0130] また、剥落予測装置は、注目点の表面の盛上がり量（点検ごとの盛上り量の差分である浮き量、浮き量の変化率等を含む）の経時変化を示す第1グラフ及び第2グラフを表示器に視認可能に表示するが、第1グラフ及び第2グラフの表示とともに、又は第1グラフ及び第2グラフとは別に、第2グラフと設定された剥落危険閾値とを比較し、第2グラフが剥落危険閾値を超える時期を剥落時期と予測し、剥落時期を報知するようにしてもよい。

[0131] また、本実施形態において、例えば、CPU（Central Processing Unit）等の各種の処理を実行する処理部（processing unit）のハードウェア的な構造は、次に示すような各種のプロセッサ（processor）である。各種のプロセッサには、ソフトウェア（プログラム）を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサであるCPU、FPGA（Field Programmable Gate

Array) などの製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device : P L D) 、 A S I C (Application Specific Integrated Circuit) などの特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路などが含まれる。

[0132] 1つの処理部は、これら各種のプロセッサのうちの1つで構成されていてもよいし、同種または異種の2つ以上のプロセッサ (例えば、複数のFPGA、あるいはCPUとFPGAの組み合わせ) で構成されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントやサーバなどのコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアの組合せで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ (System On Chip : S o C) などに代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサを1つ以上用いて構成される。

[0133] また、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた電気回路 (circuitry) である。

[0134] 更に、本発明は、コンピュータにインストールされることにより、コンピュータを本発明に係る剥落予測装置として機能させる剥落予測プログラム、及びこの剥落予測プログラムが記録された不揮発性の記憶媒体を含む。

[0135] また、本発明は上述した実施形態に限定されず、本発明の精神を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であることは言うまでもない。

符号の説明

[0136] 1 0 … 3次元測定装置

1 2 …三脚

1 4 …データ処理装置
1 6 …電源装置
1 8 …台車
2 0 …壁面
3 0 L …左カメラ
3 0 R …右カメラ
4 0 …鉄筋
5 0 …反応性骨材
6 0 …鋼材
1 0 0 …剥落予測装置
1 1 0 …プロセッサ
1 2 0 …メモリ
1 3 0 …表示器
1 4 0 …入出力インターフェース
1 5 0 …操作部
A 1 ～ A 4 …枠
B …剥落危険領域
C …剥落危険線
S 1 0 ～ S 5 0 …ステップ
a 1 ～ a 4 …グラフ

請求の範囲

- [請求項1] プロセッサと、前記プロセッサに実行させるプログラムを記憶するメモリと、を備えた剥落予測装置であって、
- 前記プロセッサは、
- 建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、前記建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、前記表面の1点以上の注目点における前記表面の盛上り量を検出し、
- 前記点検の経時期間と前記点検ごとの前記盛上り量とに基づいて、前記注目点の将来の盛上り量を予測し、
- 前記注目点の盛上り量の経時変化を示す第1グラフと前記予測した盛上り量の経時変化を示す第2グラフとを作成し、
- 前記作成した前記第1グラフ及び前記第2グラフを出力する、剥落予測装置。
- [請求項2] 前記プロセッサは、
- 前記注目点における点検開始時点の前記盛上り量と前記点検開始時点以降の点検時の盛上り量との差分から前記注目点の浮き量を検出し、
- 前記点検の経時期間と前記点検開始時点以降の点検ごとの前記浮き量とに基づいて、前記注目点の将来の浮き量を予測し、
- 前記第1グラフは前記注目点の浮き量の経時変化を示すグラフであり、前記第2グラフは前記予測した浮き量の経時変化を示すグラフである、
- 請求項1に記載の剥落予測装置。
- [請求項3] 前記第1グラフと前記第2グラフとは異なる線種により作成された連続するグラフである、
- 請求項1又は2に記載の剥落予測装置。
- [請求項4] 前記プロセッサは、

設定された剥落危険閾値に基づいて剥落危険線又は剥落危険領域を作成し、

前記剥落危険線又は前記剥落危険領域を前記第1グラフ及び前記第2グラフに合成する、

請求項2に記載の剥落予測装置。

[請求項5]

前記プロセッサは、

前記第2グラフと設定された剥落危険閾値とを比較し、前記第2グラフが前記剥落危険閾値を超える時期を剥落時期と予測し、

前記剥落時期を報知する、

請求項2に記載の剥落予測装置。

[請求項6]

前記プロセッサは、前記剥落危険閾値をユーザ入力により受け付け、又は自動的に前記剥落危険閾値を予測し、前記受け付けた前記剥落危険閾値又は前記予測した前記剥落危険閾値を前記設定された剥落危険閾値として使用する、

請求項4又は5に記載の剥落予測装置。

[請求項7]

前記プロセッサは、

前記建造物の表面の点検時点における前記浮き量に基づいて前記表面の浮き量の大きさを可視化する表面性状画像を作成し、

前記表面性状画像を表示器に表示させ、

前記表示器に表示された前記表面性状画像上のいずれかの位置を前記注目点としてユーザ入力により受け付けると、前記受け付けた注目点に対応して作成された前記第1グラフ及び前記第2グラフを前記表示器に表示させる、

請求項2に記載の剥落予測装置。

[請求項8]

前記表面性状画像は、前記浮き量に応じて輝度又は色が異なる領域を有する画像、あるいは前記浮き量に応じた等高線図である、

請求項7に記載の剥落予測装置。

[請求項9]

前記3次元測定データは、L i D A R又はステレオカメラにより測

定されたデータである、

請求項 1 に記載の剥落予測装置。

[請求項10] 前記 3 次元測定データは、FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式の LiDAR により測定されたデータである、

請求項 1 に記載の剥落予測装置。

[請求項11] 前記複数の 3 次元測定データは、前記建造物の表面の同じ位置であって、盛り上がり量に変化していない位置の前記複数の 3 次元測定データが一致するように調整されている、

請求項 1 に記載の剥落予測装置。

[請求項12] 前記建造物の表面の材料は、コンクリート又はコンクリート補修材を含む、

請求項 1 に記載の剥落予測装置。

[請求項13] 建造物の表面の剥落を予測する剥落予測方法であって、
前記建造物の表面の 3 次元形状を測定した 3 次元測定データであって、前記建造物の点検ごとに測定した複数の 3 次元測定データに基づいて、前記表面の 1 点以上の注目点における前記表面の盛り上がり量を検出するステップと、

前記点検の経時期間と前記点検ごとの前記盛り上がり量とに基づいて、前記注目点の将来の盛り上がり量を予測するステップと、

前記注目点の盛り上がり量の経時変化を示す第 1 グラフと前記予測した盛り上がり量の経時変化を示す第 2 グラフとを作成するステップと、

前記作成した前記第 1 グラフ及び前記第 2 グラフを出力するステップと、

をそれぞれプロセッサが実行する剥落予測方法。

[請求項14] 前記注目点における点検開始時点の前記盛り上がり量と前記点検開始時点以降の点検時の盛り上がり量との差分から前記注目点の浮き量を検出するステップと、

前記点検の経時期間と前記点検開始時点以降の点検ごとの前記浮き

量とに基づいて、前記注目点の将来の浮き量を予測するステップと、
をそれぞれ前記プロセッサが実行し、

前記第1グラフは前記注目点の浮き量の経時変化を示すグラフであり、前記第2グラフは前記予測した浮き量の経時変化を示すグラフである、

請求項13に記載の剥落予測方法。

[請求項15] 設定された剥落危険閾値に基づいて剥落危険線又は剥落危険領域を作成するステップと、

前記剥落危険線又は前記剥落危険領域を前記第1グラフ及び前記第2グラフに合成するステップと、

をそれぞれ前記プロセッサが実行する、請求項14に記載の剥落予測方法。

[請求項16] 前記第2グラフと設定された剥落危険閾値とを比較し、前記第2グラフが前記剥落危険閾値を超える時期を剥落時期と予測するステップと、

前記剥落時期を報知するステップと、

をそれぞれ前記プロセッサが実行する、請求項14に記載の剥落予測方法。

[請求項17] 建造物の表面の3次元形状を測定した3次元測定データであって、前記建造物の点検ごとに測定した複数の3次元測定データに基づいて、前記表面の1点以上の注目点における前記表面の盛り上り量を検出する機能と、

前記点検の経時期間と前記点検ごとの前記盛り上り量とに基づいて、前記注目点の将来の盛り上り量を予測する機能と、

前記注目点の盛り上り量の経時変化を示す第1グラフと前記予測した盛り上り量の経時変化を示す第2グラフとを作成する機能と、

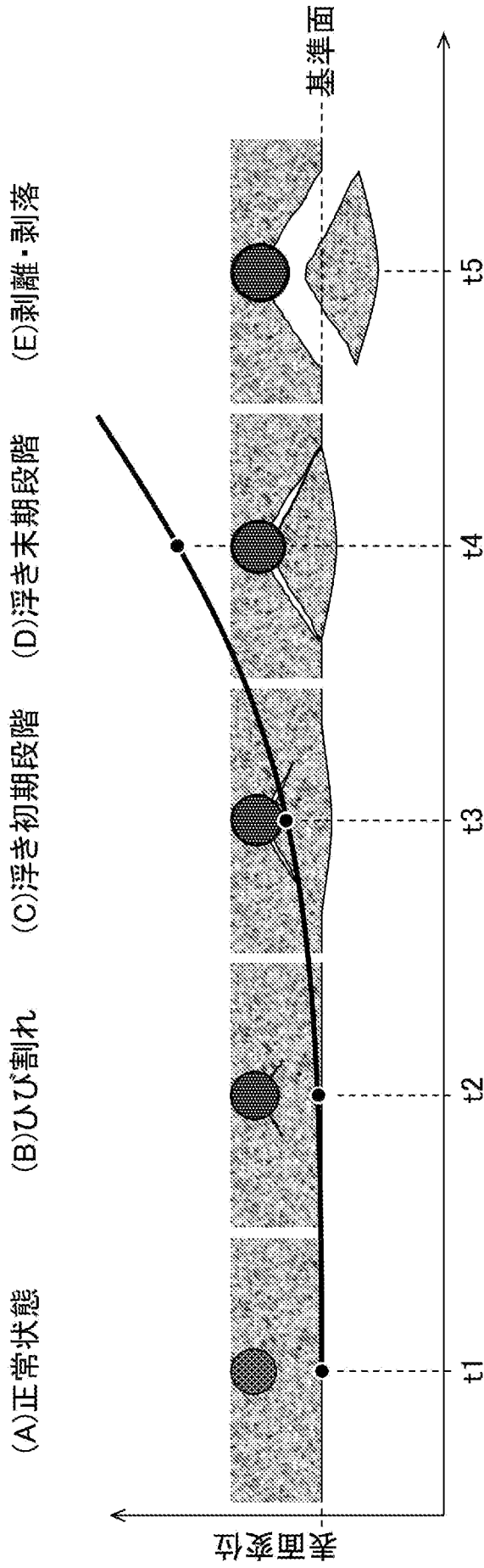
前記作成した前記第1グラフ及び前記第2グラフを出力する機能と、

、

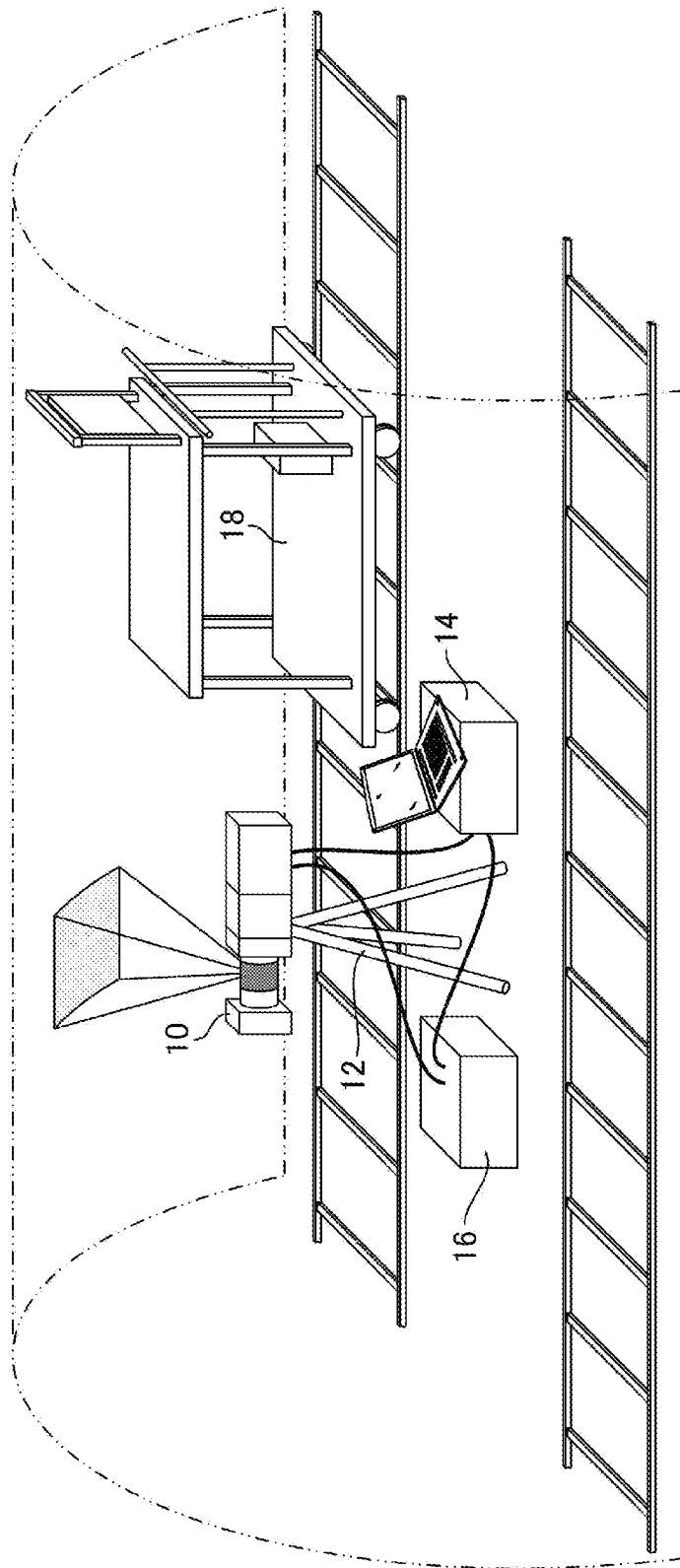
をそれぞれコンピュータに実行させる、剥落予測プログラム。

[請求項18] 非一時的かつコンピュータ読取可能な記録媒体であって、請求項17に記載のプログラムが記録された記録媒体。

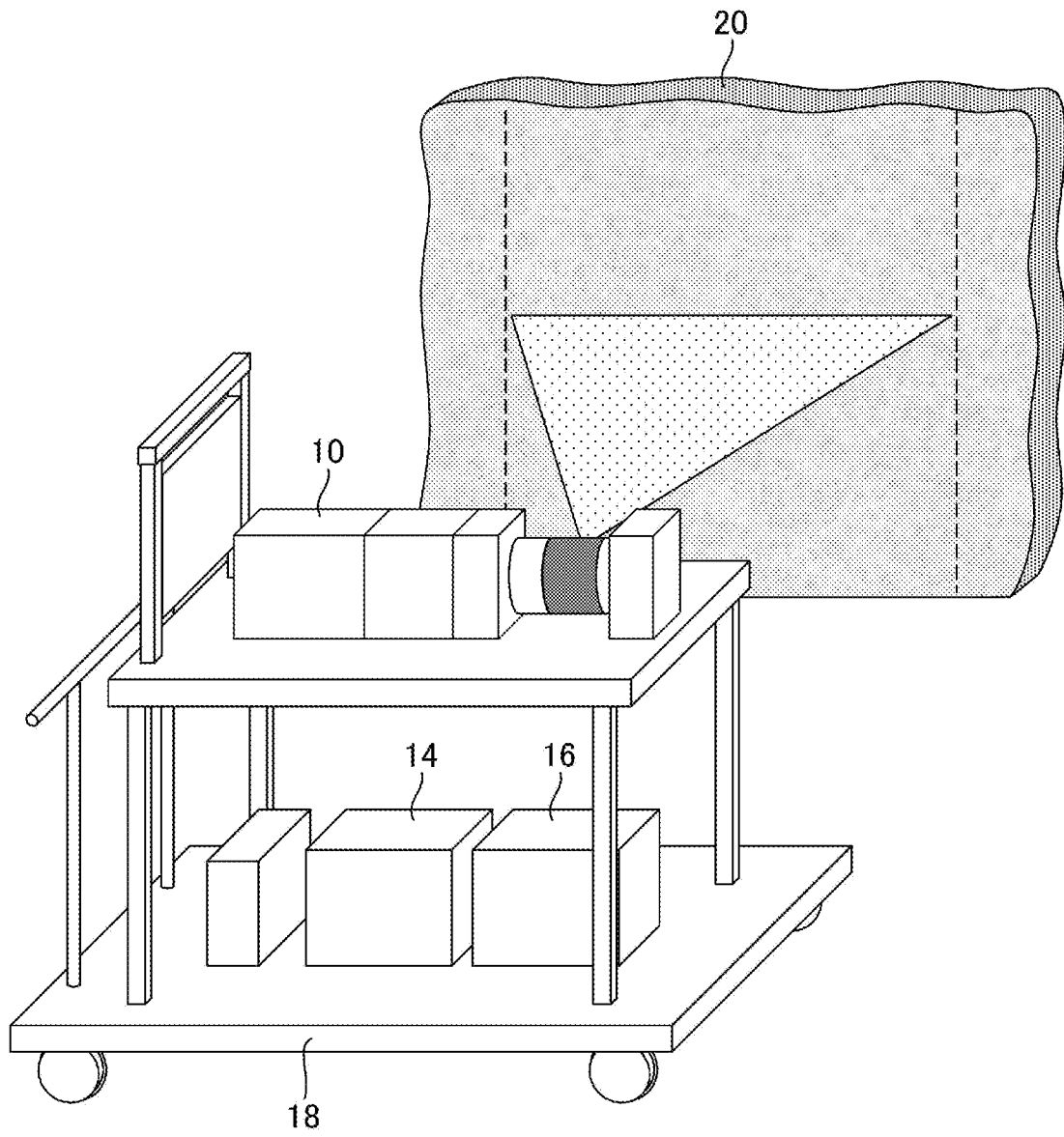
[図1]



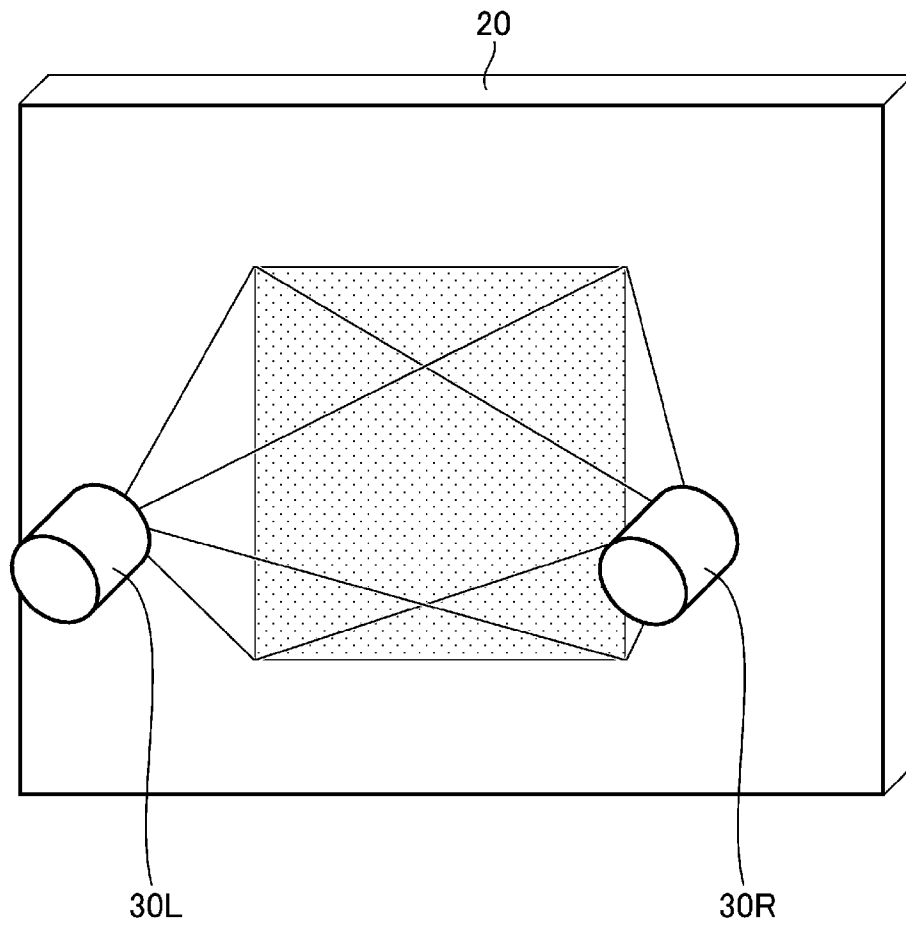
[図2]



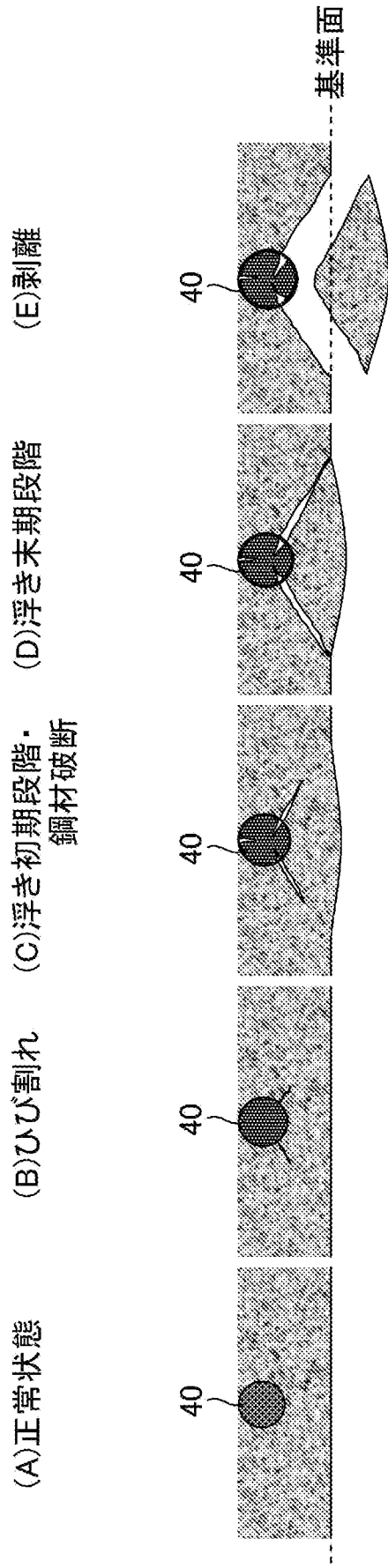
[図3]



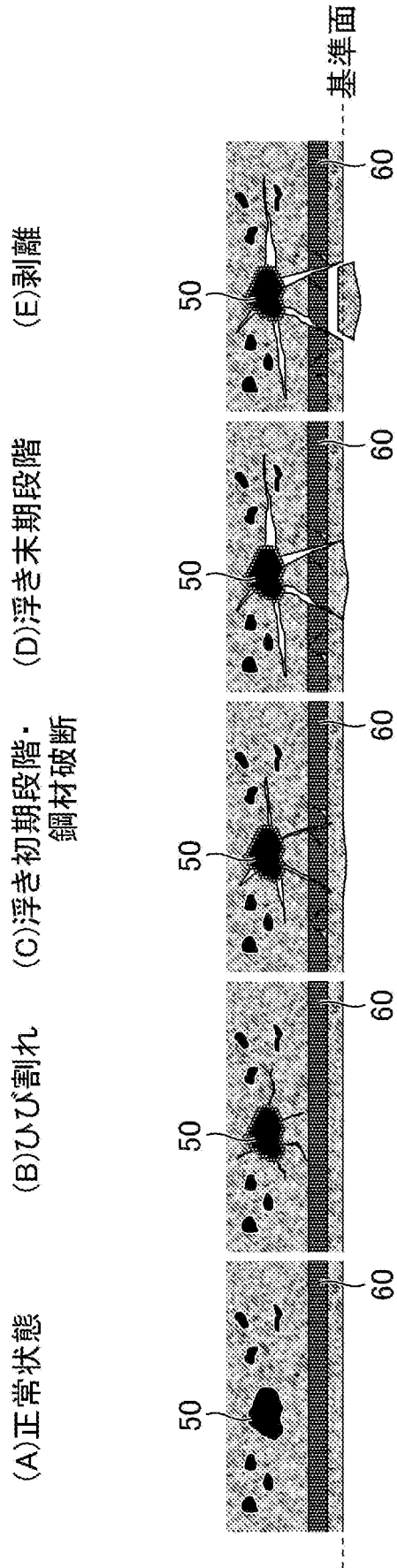
[図4]



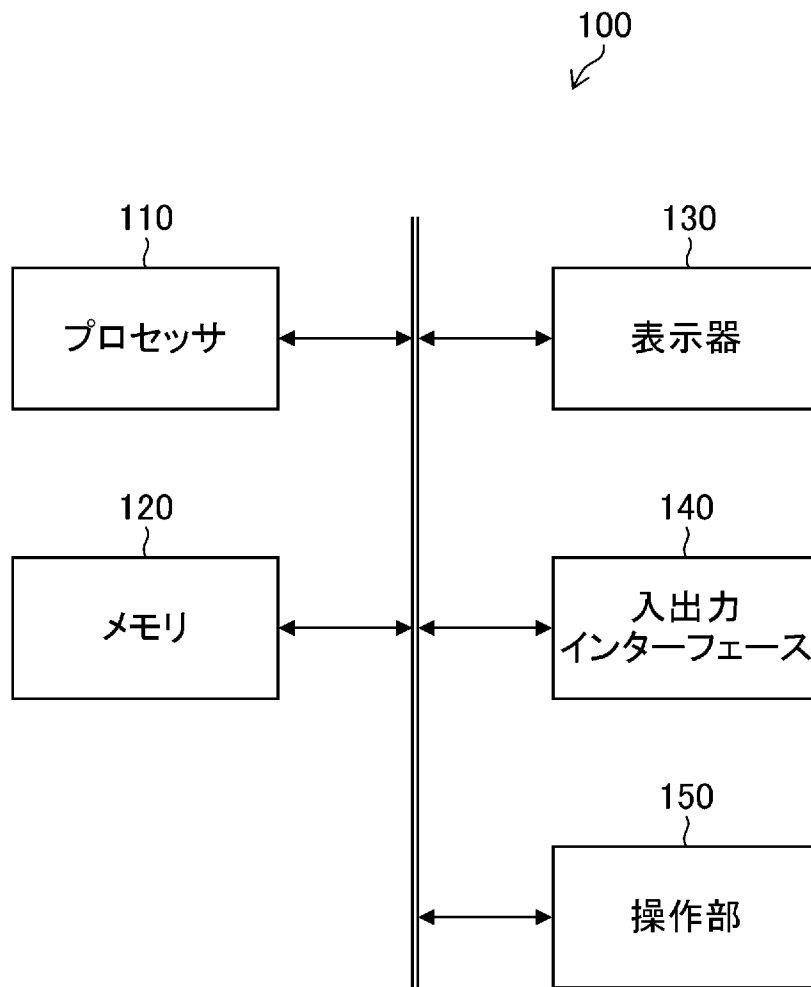
[図5]



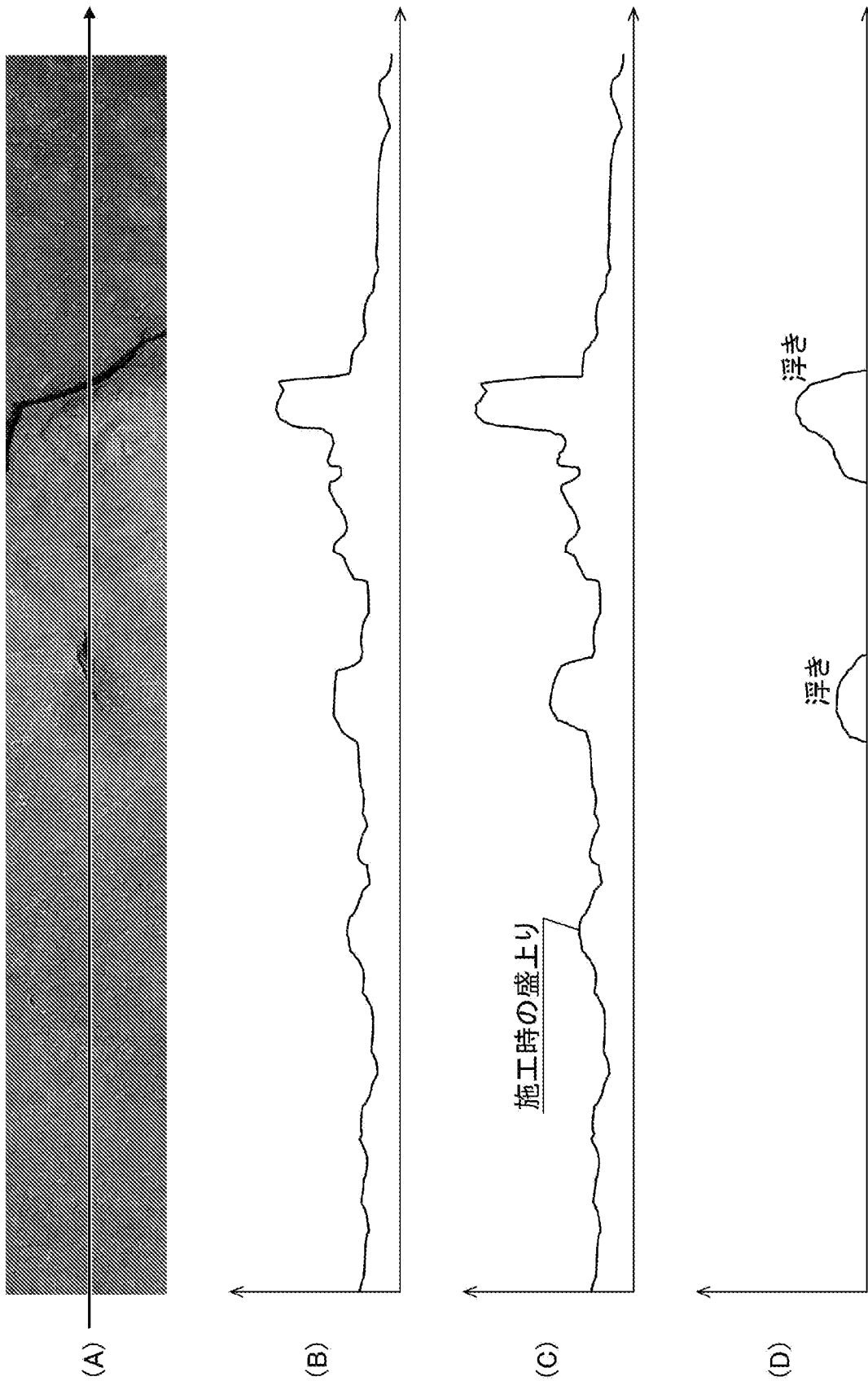
[図6]



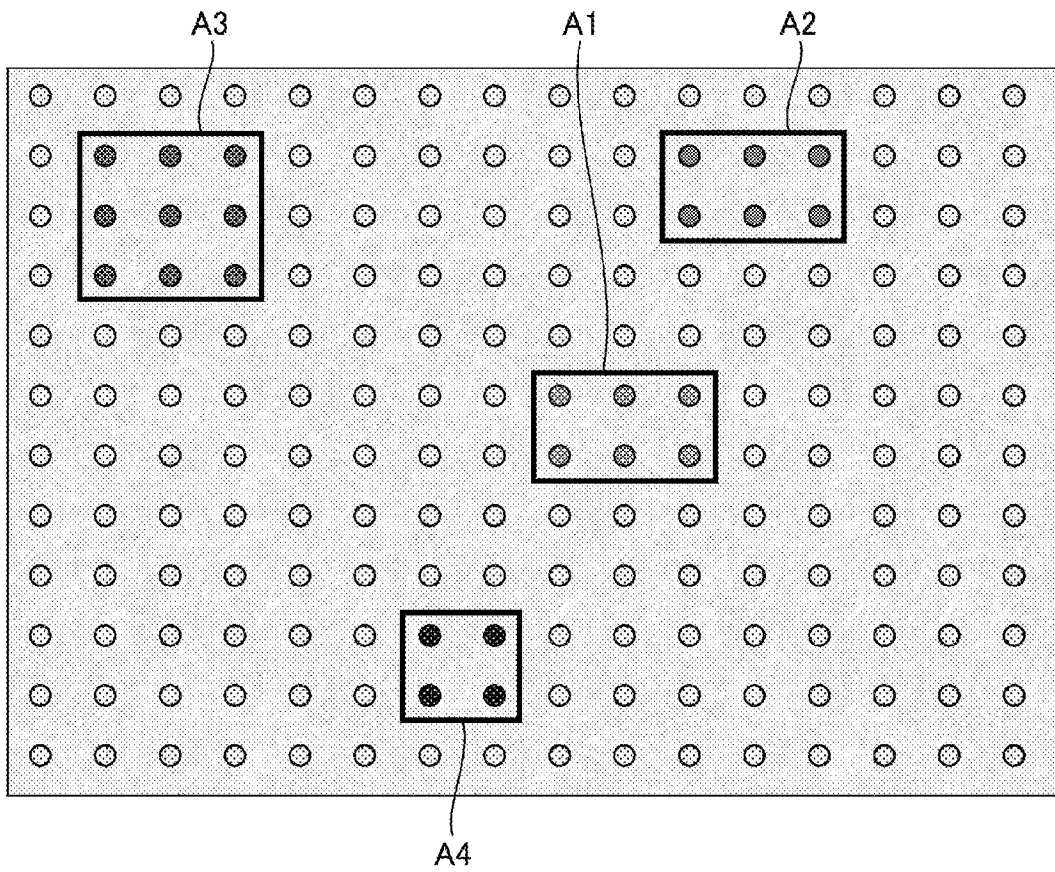
[図7]



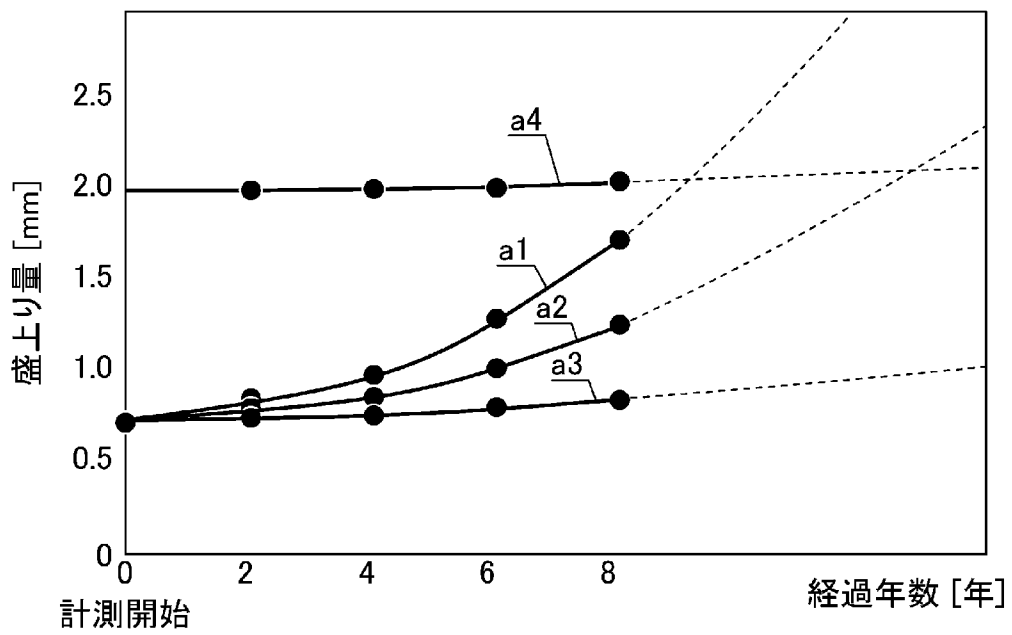
[図8]



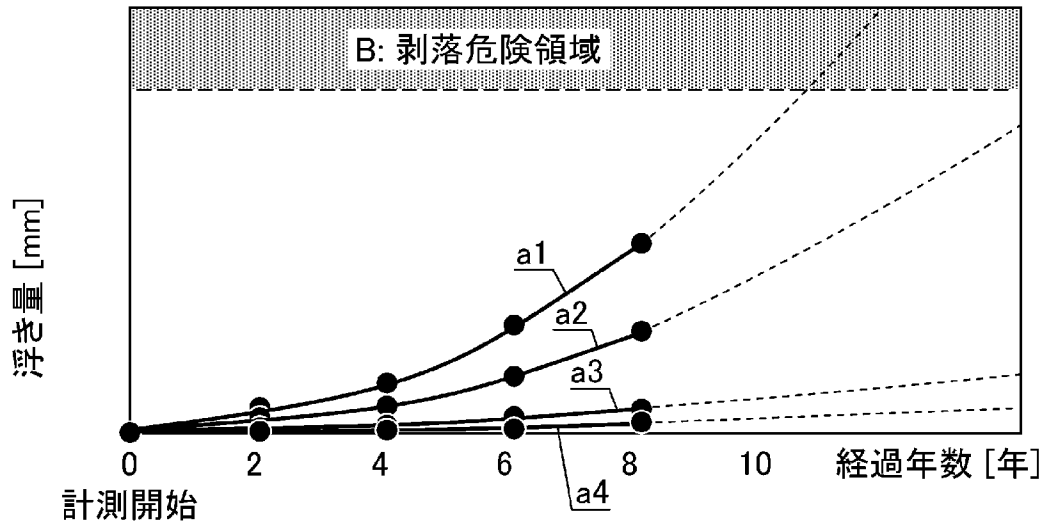
[図9]



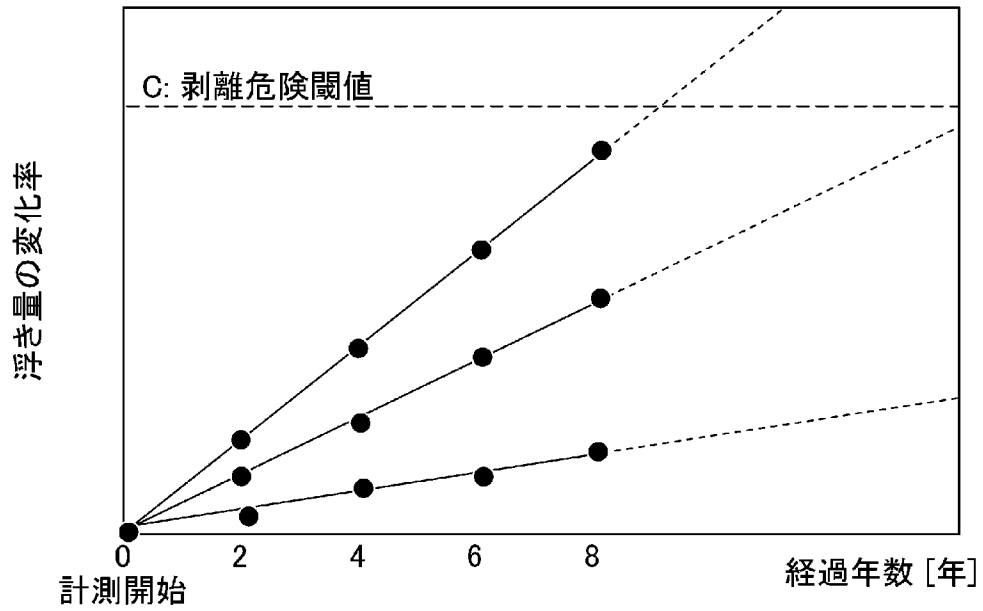
[図10]



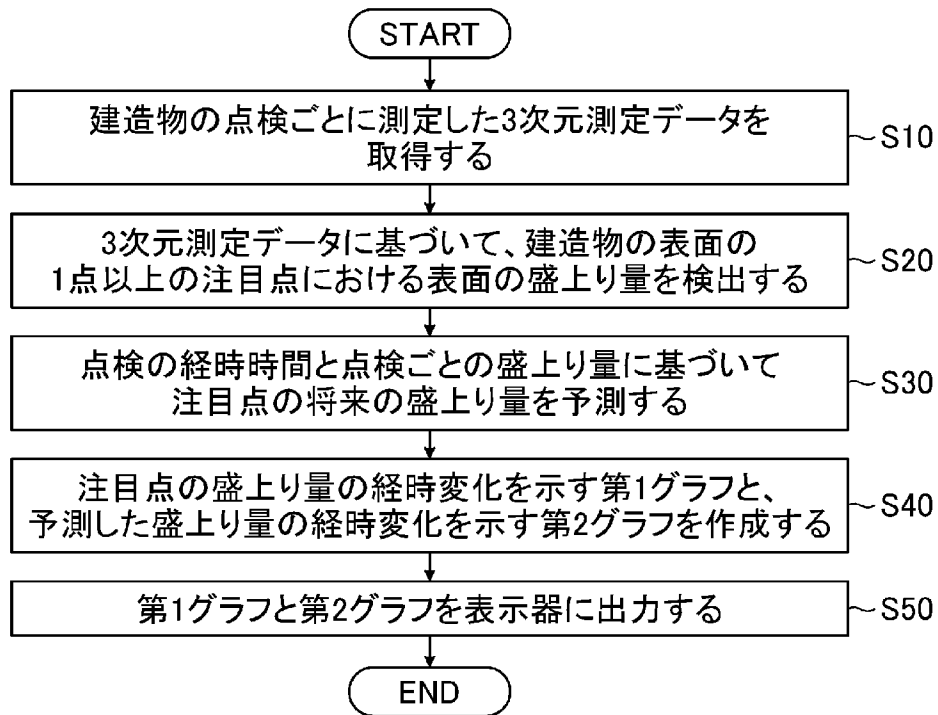
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045221

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01N 21/88</i> (2006.01)i; <i>E04G 23/02</i> (2006.01)i; <i>E21D 11/10</i> (2006.01)i; <i>G01B 11/24</i> (2006.01)i; <i>G06Q 50/08</i> (2012.01)i FI: G01N21/88 Z; G01B11/24 K; G01B11/24 A; G06Q50/08; E04G23/02 B ESW; E21D11/10 Z		
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) G01N21/84-21/958; G01B11/00-11/30; G01M99/00		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
Y	JP 2012-220471 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 12 November 2012 (2012-11-12) paragraphs [0002], [0014]-[0015], [0086], fig. 1-2, 17-18	1-18
Y	JP 2019-20348 A (OYO CORPORATION) 07 February 2019 (2019-02-07) claim 1, paragraph [0044]	1-18
Y	JP 2020-60429 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 16 April 2020 (2020-04-16) fig. 2	1-18
Y	JP 7-38011 B2 (HITACHI, LTD.) 26 April 1995 (1995-04-26) p. 17, left column, lines 6-25, fig. 44	1-18
Y	JP 2002-174607 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 21 June 2002 (2002-06-21) paragraph [0030], fig. 4	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 08 February 2024		Date of mailing of the international search report 20 February 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045221

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2022-54927 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 07 April 2022 (2022-04-07) entire text, all drawings	1-18
A	JP 2014-2027 A (HAZAMA ANDO CORP.) 09 January 2014 (2014-01-09) entire text, all drawings	1-18
A	JP 2016-6398 A (WEST NIPPON EXPRESSWAY ENG SHIKOKU CO., LTD.) 14 January 2016 (2016-01-14) fig. 10	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2023/045221

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2012-220471 A	12 November 2012	(Family: none)	
JP 2019-20348 A	07 February 2019	(Family: none)	
JP 2020-60429 A	16 April 2020	(Family: none)	
JP 7-38011 B2	26 April 1995	US 5107447 A column 34, lines 25-51, fig. 44 EP 342597 A2 KR 10-1989-0017543 A CN 1039659 A	
JP 2002-174607 A	21 June 2002	(Family: none)	
JP 2022-54927 A	07 April 2022	(Family: none)	
JP 2014-2027 A	09 January 2014	(Family: none)	
JP 2016-6398 A	14 January 2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 21/88(2006.01)i; E04G 23/02(2006.01)i; E21D 11/10(2006.01)i; G01B 11/24(2006.01)i; G06Q 50/08(2012.01)i FI: G01N21/88 Z; G01B11/24 K; G01B11/24 A; G06Q50/08; E04G23/02 B ESW; E21D11/10 Z		
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）） G01N21/84-21/958; G01B11/00-11/30; G01M99/00 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
Y	JP 2012-220471 A（三菱電機株式会社）12.11.2012（2012-11-12） 段落 [0002], [0014] - [0015], [0086]、図1-2, 17-18	1-18
Y	JP 2019-20348 A（応用地質株式会社）07.02.2019（2019-02-07） 請求項1、段落 [0044]	1-18
Y	JP 2020-60429 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）16.04.2020（2020-04-16） 図2	1-18
Y	JP 7-38011 B2（株式会社日立製作所）26.04.1995（1995-04-26） 第17頁左欄第6行-第25行、図44	1-18
Y	JP 2002-174607 A（富士電機株式会社）21.06.2002（2002-06-21） 段落 [0030], 図4	1-18
A	JP 2022-54927 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）07.04.2022（2022-04-07） 全文、全図	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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	08.02.2024	国際調査報告の発送日 20.02.2024
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） 田中 洋介 2W 3009 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2014-2027 A (株式会社安藤・間) 09.01.2014 (2014 - 01 - 09) 全文、全図	1-18
A	JP 2016-6398 A (西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社) 14.01.2016 (2016 - 01 - 14) 図 1 0	1-18

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/JP2023/045221

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-220471 A	12.11.2012	(ファミリーなし)	
JP 2019-20348 A	07.02.2019	(ファミリーなし)	
JP 2020-60429 A	16.04.2020	(ファミリーなし)	
JP 7-38011 B2	26.04.1995	US 5107447 A col.34 1.25-1.51, fig.44 EP 342597 A2 KR 10-1989-0017543 A CN 1039659 A	
JP 2002-174607 A	21.06.2002	(ファミリーなし)	
JP 2022-54927 A	07.04.2022	(ファミリーなし)	
JP 2014-2027 A	09.01.2014	(ファミリーなし)	
JP 2016-6398 A	14.01.2016	(ファミリーなし)	