

明 細 書

発明の名称：回転杭の施工方法、杭群の製造方法、及び杭群

技術分野

[0001] 本発明は、回転杭の施工方法、杭群の製造方法、及び杭群に関する。

背景技術

[0002] 従来、らせん羽根を設けた回転杭等を地盤に貫入するために、例えば特許文献１～３のような施工管理方法等が提案されている。

[0003] 特許文献１では、先端を開放した開端鋼管杭の管内土の高さを計測する方法において、鋼管杭内に着脱可能なクランプに取り付けて光波距離計を設け、鋼管杭を地中に貫入する際に管内に侵入する土の高さを非接触で計測する技術が開示されている。

[0004] 特許文献２では、杭先端に開口を有すると共に螺旋状の羽根を固着してなる回転圧入鋼管杭の施工方法であって、開口部に所定量の砂などの粒状体を締め固めた状態で施工し、杭先端が支持層に達するまでの施工中に軟弱地層の土砂が杭内に進入するのを抑制する旨が開示されている。

[0005] 特許文献３では、鋼管杭本体を大径な上部側鋼管と小径な下部側鋼管とで形成する回転貫入式鋼管杭及びその施工法について開示されている。特許文献３の開示技術では、下部側鋼管の先端を螺旋形状に切欠き形成し、この螺旋形状の切欠き形態に対応させて少なくとも一巻き以下の第１の螺旋羽根を設け、鋼管杭本体の拡張境界部位もしくはその近傍に第２の螺旋羽根を設けることを特徴としている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２０００－２３０２３４号公報

特許文献２：特開２００２－１６７７６０号公報

特許文献３：特開２００２－０６１１８０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ここで、地盤に対して回転杭を回転圧入する際、回転杭の中に土砂が詰まることで、杭打機を用いて回転杭に最大トルクを作用させても杭の貫入が困難となる場合がある。特に、支持層よりも浅い地層に硬質地盤が形成されている場合、上記のような土砂の詰まりが起こりやすい。通常、回転杭は複数の回転杭で構成される杭群として用いられるが、たとえば、図14に示すように、回転杭を貫入する位置の一部で浅い地層に硬質地盤が形成されている場合には、同一支持層に定着された杭群全体を構築するのが難しくなる。

[0008] この点、特許文献1では、杭の貫入施工中にリアルタイムで管内土の高さを連続して計測する技術が提案されている。しかしながら、回転杭を回転圧入する際、回転杭における偏心量の増大等に伴い、回転軸の方向が変化する可能性がある。この場合、特許文献1に記載された方法では、光波ビームの軸が経時変化し、管内土高さデータの傾向が大幅にずれる懸念が挙げられる。また、長時間に亘る回転杭の回転圧入に伴い、杭内に土埃や土砂の飛散が生ずる可能性がある。この場合においても、特許文献1に記載された方法では、光波距離計の汚れや破損等により、計測精度低下を引き起こす懸念が挙げられる。これらにより、特許文献1に記載された方法では、長時間に亘る定量的なモニタリングが難しく、上記のような土砂の詰まりを防ぐことが難しい。また、特許文献2、3の開示技術においても、土砂の詰まりを防ぐことが難しい。

[0009] そこで、本発明は、上述した問題に鑑みて案出されたものであって、その目的とするところは、回転杭を地盤に回転圧入する際に、回転杭の中に土砂が詰まることを防ぐことができる回転杭の施工方法、及び回転杭を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 第1発明に係る回転杭の施工方法は、羽根を設けた回転杭を、地盤に貫入する施工方法であって、前記地盤に対して前記回転杭を回転圧入中に、前記回転杭における上載荷重を計測する計測工程と、前記計測工程で得られた計

測結果に基づき、前記回転杭の中に堆積された土砂の詰まりを取るか否かを判断する判断工程と、を備えることを特徴とする。

[0011] 第2発明に係る回転杭の施工方法は、第1発明において、前記計測工程は、前記回転杭の回転トルクおよび貫入量の少なくとも何れかを計測することを含むことを特徴とする。

[0012] 第3発明に係る回転杭の施工方法は、第1発明または第2発明において、前記判断工程は、過去に施工された前記回転杭の回転圧入時における過去の計測結果と、前記計測工程で得られた前記計測結果とを比較し、前記土砂の詰まりを取るか否かを判断することを含むことを特徴とする。

[0013] 第4発明に係る回転杭の施工方法は、第1～第3発明の何れかにおいて、前記回転杭を回転圧入する途中に、前記回転杭を反転して引抜き方向へ回転させる工程、及び、引抜き方向へ回転中に前記回転杭における上載荷重を計測する工程を含み、引抜き方向へ回転中の上載荷重の計測結果に基づき、前記回転杭の中に堆積された土砂の詰まりが解消されたか否かを判断することを特徴とする。

[0014] 第5発明に係る回転杭の施工方法は、第4発明において、前記回転杭を反転して回転させる工程は、前記判断工程において前記土砂の詰まりを取ると判断した場合に行うことを特徴とする。

[0015] 第6発明に係る回転杭の施工方法は、第1発明～第3発明の何れかにおいて、前記判断工程において前記土砂の詰まりを取ると判断した場合、採掘装置を用いて前記土砂の少なくとも一部を撤去し、前記土砂の詰まりを取る詰まり取り工程をさらに備えることを特徴とする。

[0016] 第7発明に係る回転杭の施工方法は、第6発明において、前記回転杭を支持層まで回転圧入したあと、前記採掘装置を用いて撤去した前記土砂を、前記回転杭の中に移動させる移動工程をさらに備えることを特徴とする。

[0017] 第8発明に係る回転杭の施工方法は、第5発明～第7発明の何れかにおいて、前記計測工程は、前記回転杭の中に堆積された前記土砂の堆積量を計測することを含むことを特徴とする。

- [0018] 第9発明に係る回転杭の施工方法は、第8発明において、前記詰まり取り工程のあと、前記堆積量を計測して前記土砂の詰まりが取れたか否かを確認する確認工程をさらに備えることを特徴とする。
- [0019] 第10発明における杭群の製造方法は、第1発明～第9発明の何れかにおける回転杭の施工方法により、前記地盤の支持層まで貫入された回転杭を複数含む杭群を製造することを特徴とする。
- [0020] 第11発明に係る杭群は、第10発明における杭群の製造方法により製造され、前記地盤の支持層まで貫入された回転杭を複数含むことを特徴とする。
- [0021] 第12発明に係る回転杭は、第11発明において、前記地盤の支持層で打ち止められた状態において、土砂が前記回転杭の内部に詰まっていることを特徴とする。

発明の効果

- [0022] 第1発明～第9発明によれば、計測工程は、地盤に対して回転杭を回転圧入中に、回転杭の上載荷重を計測する。判断工程は、計測工程で得られた計測結果に基づき、回転杭の中に堆積された土砂の詰まりを取るか否かを判断する。すなわち、作業者は、計測された上載荷重に基づき、回転圧入中の回転杭の中に堆積された土砂の詰まりを取るか否かを判断することができる。これにより、回転杭を地盤に回転圧入する際に、回転杭の中に土砂が詰まることを防ぐことが可能となる。
- [0023] 特に、第2発明によれば、計測工程は、回転杭の回転トルクおよび貫入量の少なくとも何れかを計測することを含む。このため、回転杭の回転圧入の状態を踏まえた上で、判断工程を実施することができ、判断工程における判定精度を向上させることが可能となる。
- [0024] 特に、第3発明によれば、判断工程は、過去の計測結果と、計測工程における計測結果とを比較し、土砂の詰まりを取るか否かを判断する。このため、地盤の特徴や施工実績等を踏まえた最適な判断を実施することができ、判定精度をさらに向上させることが可能となる。

- [0025] 特に、第4発明によれば、回転杭を回転圧入する途中に、回転杭を反転して引抜き方向へ回転させる工程を含み、その際に計測された上載荷重に基づき、回転杭の中に堆積された土砂の詰まりが解消されたか否かを判断することができる。これにより、土砂の詰まりが解消されたことが適切に判断でき、回転方向を掘進方向に戻すタイミングを適切に判断することができる。
- [0026] 特に、第5発明によれば、詰まり取り工程は、判断工程において土砂の詰まりを取ると判断した場合、回転杭を反転するように制御し、土砂の詰まりを取る。このため、上載荷重に対する回転杭を反転するタイミングや反転時間等を、データとして残すことができる。これにより、施工条件の詳細をデータとして蓄積でき、今後の施工に利用することが可能となる。
- [0027] 特に、第6発明によれば、詰まり取り工程は、判断工程において土砂の詰まりを取ると判断した場合、採掘装置を用いて土砂を撤去し、土砂の詰まりを取る。このため、土砂の詰まりをより確実に取ることができかつ、回転杭内から撤去された土砂の量を把握することができる。
- [0028] 特に、第7発明によれば、移動工程では、回転杭を支持層まで回転圧入したあと、撤去した土砂を回転杭の中に移動させる。このため、施工現場の外へ土砂を排出することを防ぐことができる。これにより、施工現場の外への土砂の排出に必要な工数やコストを削減することが可能となる。
- [0029] 特に、第8発明によれば、計測工程は、回転杭の中に堆積された土砂の堆積量を計測する。このため、例えば回転杭の回転圧入に伴い精度が低下する光波距離計等を用いた場合においても、判断工程の補助として利用することができる。これにより、回転杭の中に堆積された土砂の詰まりの判定精度をさらに向上させることが可能となる。
- [0030] 特に、第9発明によれば、確認工程は、詰まり取り工程のあと、堆積量を計測し、土砂の詰まりが取れたか否かを確認する。これにより、詰まり取り工程によって土砂の詰まりが取れたかをより正確に判断することができる。
- [0031] 第10発明によれば、第1発明～第9発明の何れかにおける回転杭の施工方法により複数の回転杭を地盤の支持層まで貫入することにより、地盤の支

持層まで貫入された複数の回転杭から構成される杭群を製造することが可能となる。

[0032] 第11発明及び第12発明によれば、杭群は、第10発明における杭群の製造方法により、地盤の支持層まで貫入された複数の回転杭から構成される。このため、回転圧入中における土砂の詰まりを防止し、地盤の支持層まで確実に貫入された複数の回転杭から構成される杭群を実現することが可能となる。

[0033] 特に、第12発明によれば、回転杭は、地盤の支持層で打ち止められた状態において、土砂が内部に詰まっている。この場合、詰まった土砂により支持力が得られるため、回転杭の安定性が向上する。

図面の簡単な説明

[0034] [図1] (a) は、本実施形態における回転杭の施工方法の一例を示す断面図であり、(b) は、本実施形態における回転杭を支持層まで貫入した状態を示す断面図である。

[図2] (a) および (b) は、本実施形態における回転杭の施工方法において、硬質地盤に対して回転杭を回転圧入するときの一例を示す断面図であり、(c) は、本実施形態における回転杭を、硬質地盤を介して支持層まで貫入した状態を示す断面図である。

[図3] 本実施形態における回転杭の施工管理システムの一例を示すブロック図である。

[図4] 回転杭が偏心した状態で地盤に貫入された状態を示す断面図である。

[図5] 本実施形態における回転杭の施工方法に用いられるオーガーマシンおよび各種計測機の一例を示す斜視図である。

[図6] 本実施形態における回転杭の施工方法に用いられるケーシングドライバーの一例を示す上面図である。

[図7] (a) は、本実施形態における回転杭の施工管理システムに用いられるケーシングドライバーおよび各種計測機の一例を示す断面図であり、(b) は、(a) における7B-7B線に沿った平面図である。

[図8] (a) は、本実施形態における回転杭の施工方法の一例を示すフローチャートであり、(b) は、詰まり取り工程の一例を示すフローチャートである。

[図9] (a) は、詰まり取り工程および移動工程に用いられる採掘装置の一例を示す断面図であり、(b) は、回転杭の中に堆積された土砂の一例を示す断面図である。

[図10] 確認工程の一例を示すフローチャートである。

[図11] 回転圧入中の回転杭の一例を示す側面図である。

[図12] (a) は、光波距離計の一例を示す断面図であり、(b) は、距離計の一例を示す断面図である。

[図13] 施工記録の一例を示すグラフである。

[図14] 杭群を構成する一部の回転杭の位置に硬質地盤が存在する場合を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下、本発明を適用した回転杭の施工方法、及び回転杭を実施するための形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

[0036] (回転杭の施工方法、回転杭 17)

本実施形態における回転杭の施工方法は、図 1 (a) に示すように、回転杭 17 を地盤 91 に貫入するために実施される。回転杭の施工方法では、例えばケーシングドライバー 21 等を用いて回転杭 17 を把持し、地盤 91 に対して回転杭 17 を杭軸方向 Z に回転圧入し、回転杭 17 を支持層 92 まで貫入する（例えば図 1 (b)）。回転杭の施工方法では、例えば後述する施工管理システム 100 を用いて行われる。

[0037] 回転杭の施工方法では、地盤 91 に対して回転杭 17 を回転圧入中に、例えば図 3 に示す上載荷重計測機 1 を用いて、回転杭 17 の上載荷重を計測する。そして、回転圧入中における回転杭 17 の上載荷重を計測することで、回転杭 17 の中における土砂の詰まりを防止できることを、発明者は見出した。

[0038] 例えば図2（a）に示すように、地盤91に対して回転杭17を回転圧入するに従い、回転杭17の中に土砂91aが堆積され（図2（a）の破線矢印）、回転杭17内面と土砂91aとの周面摩擦や土砂91aの自重により、次第に回転杭17中に土砂の詰まり（回転杭17を回転圧入させても、回転杭17内の土砂91aが流動しない現象）が生じる。特に、支持層92よりも浅い地層に硬質地盤93等が形成される場合、回転杭17が硬質地盤93に回転圧入されることで、回転杭17の中に堆積した土砂91aは回転杭17内との間で作用する摩擦が大きく、回転杭17中に土砂91aが詰まり易くなる。上記のような場合、回転杭17の中に土砂91aが堆積するに従い、掘進方向へ回転圧入する際に上載荷重が次第に大きく計測される傾向や、突発的に大きい値を示すことがある。このため、上載荷重を計測することで、回転杭17の中における土砂91aの詰まりが生じているか否かを推定することができる。ただし、大きな上載荷重が計測される場合には、軟弱地盤から硬質地盤へ層替わりする時や巨礫等の地中障害に杭先端が接触している時もある。

[0039] このとき、例えば図2（b）に示す実線矢印のように、回転杭17を反転させると、土砂の詰まりを生じていない時には直ぐに上載荷重が低下し、詰まりの程度が緩い時には回転杭17の中に堆積された土砂91aの詰まりを取ることができ（図2（b）の破線矢印）結果的に上載荷重が低下する。一方、反転して引抜き方向へ回転杭を移動する際に上載荷重が低下せず、大きい値を保持することがある。この場合も、上載荷重を計測することで、回転杭17の中における土砂91aの詰まりが解消している否かを推定することができる。上載荷重が低下しない場合は、詰まりが解消していないと判断できるので、再度反転して引抜き方向へ回転杭を移動する操作を行って、詰まりが解消するまで同様の操作を繰り返す。

[0040] 以下に、図13に示す計測結果から、回転杭の施工において、どのように土砂の詰まりを生じさせずに硬質地盤を貫通するための判断を行ったのか一例を、順を追って、以下の[1]～[7]に示す。

- [0041] [1] 事前に杭打設近傍の位置で調査された図13のN値と深度との関係により、深度11～19mと深度26～33mに硬質地盤が存在することが予測される。
- [0042] [2] 杭貫入時に計測される図13の上載荷重と深度との関係により、深度11m付近で上載荷重が急増している。
- [0043] [3] ここで一旦反転した際に上載荷重が低下したため、通常の貫入方法で施工を継続したが、深度12m付近まで上載荷重が漸増する傾向であったため、反転して引抜き方向へ回転杭を移動する操作を開始している。
- [0044] [4] 杭を引抜き方向へ回転させて上載荷重が低下したら再び正回転で貫入するが、上載荷重の漸増傾向が続いているため、10cm程度貫入する毎に反転する操作を行っている。
- [0045] [5] この操作を深度12～19mまで継続した所、深度19mで上載荷重が低位で安定したため、土砂の詰まりを生じさせずに硬質地盤を貫通したものと判断し、深度19mからは通常の貫入方法で施工を継続している。
- [0046] [6] 再び、硬質地盤の開始が予測される深度26m付近において上載荷重が急増したため、深度26～33mまで前述の深度11～19mまでと同様の操作により、硬質地盤を貫通している。
- [0047] [7] 深度33mからは通常の貫入方法で施工を行い、深度37mで杭を打ち止めている。
- [0048] 以上のようにして、例えば図2(c)に示すように、硬質地盤93を含む地盤91に対しても、回転杭17の中で土砂91aの詰まりを発生させずに、回転杭17を支持層92まで貫入することが可能となる。
- [0049] 本実施形態における回転杭17は、回転杭本体と、その先端に設けられた、らせん形状のらせん羽根16とから構成されている。回転杭本体は、例えば、複数の鋼管が杭軸方向Zに溶接接続されてなる。回転杭17は地盤91に貫入されると共に、例えば杭先端が支持層92に貫入される。なお、回転杭17の羽根の形状は、らせんに限定されるものではなく、例えば、らせん羽根16に代えて、一对の半円形状の羽根を回転杭本体に設けてもよい。

- [0050] 回転杭 17 の杭径は、例えば $\phi 100\text{ mm} \sim 1600\text{ mm}$ 程度であり、杭板厚は、例えば $4.2\text{ mm} \sim 25\text{ mm}$ 程度である。らせん羽根 16 の径は、例えば杭径の $1.5\text{ 倍} \sim 2.5\text{ 倍}$ 程度である。回転杭 17 の杭先端が貫入される支持層 92 は、例えば砂、砂礫地盤、もしくは粘性土、または土質が砂質土、もしくは礫質土層であり、N 値が 15 以上の地盤を示す。
- [0051] 回転杭の施工方法では、例えば図 3 に示す施工管理システム 100 が用いられる。施工管理システム 100 は、施工管理装置 6 を備える。図 3 は、回転杭 17 の施工状態を示す情報（杭情報）を計測するための各種計測機 1 ～ 5 と、施工管理装置 6 とを配置した模式図を示す。
- [0052] 施工管理システム 100 は、回転杭 17 の上載荷重を計測する上載荷重計測機 1 を備え、例えば回転角計測機 2、貫入量計測機 3、回転トルク計測機 4、および変動量計測機 5 の少なくとも何れかを備えてもよい。施工管理システム 100 は、上述した各種計測機 1 ～ 5 とデータの送受信可能なデータ変換器 7、およびデータ変換器 7 と施工管理装置 6 との間を接続するインターフェイスボックス 8 を備えてもよい。なお、施工管理システム 100 は、例えば土質調査で事前調査した N 値のデータを入力できるデータ入力部 9 を備えてもよいほか、例えば N 値のデータが予め施工管理装置 6 に保存されてもよい。施工管理装置 6 は、各種計測機 1 ～ 5 等からデータを取得し、必要に応じて演算処理を行い、モニタ画面 6b に表示するほか、接続されたプリンタ 6c により印刷することができる。
- [0053] 回転杭の施工方法では、例えば図 4 に示すように、地盤 91 に対して回転杭 17 を回転圧入中に、変動量計測機 5 を用いて回転杭 17 の変動量を計測する。変動量は、回転杭 17 の回転圧入に伴う回転杭 17 の初期設定位置からの水平面における移動量（位置ずれの量）、および傾き量（傾斜角度の変化量）の少なくとも何れかを示す。なお、例えば地盤 91 と、回転杭 17 を把持するケーシングドライバー 21 との間に挟まれた支持板 41 を用いて、回転杭 17 の変動量を得ることができる。この場合、回転杭 17 の回転圧入に伴う支持板 41 の位置ずれの量を、回転杭 17 の変動量として計測するこ

とができる。

[0054] ここで、回転圧入中における回転杭 17 の変動量は、杭軸直交方向 X における回転杭 17 の偏心の度合い（偏心量）と関連する傾向を示す。回転杭 17 の偏心は、例えば図 4 に示すように、回転杭 17 を地盤 91 に回転圧入させる際に生じるものであり、回転杭 17 の偏心量は回転杭 17 のらせん羽根 16 が硬質地盤 93 に接触すると、大きくなる傾向を示す。よって、変動量から得られる情報は、硬質地盤 93 に回転杭 17 が到達していることを示す一つの指標となる。

[0055] <オーガーマシン 15>

回転杭の施工管理システム 100 では、回転杭 17 の回転圧入装置として、例えば杭打ち機リーダー 10 およびオーガーマシン 15 が用いられる。図 5 は、杭打ち機リーダー 10 およびオーガーマシン 15 の一例を示す斜視図である。

[0056] 杭打ち機リーダー 10 は、例えば図 5 に示すように、無限軌道体 11 によって支持された旋回支持台 12 上に杭打ち機本体 13 が設けられる。杭打ち機本体 13 の一端両側部から傾斜支持アーム 14 が上方に延びた構成であって、この傾斜支持アーム 14 の上端でオーガーマシン 15 が支持される。オーガーマシン 15 は、回転杭 17 の杭頭部を把持する。施工管理装置 6 は、例えば運転室 19 に取り付けられたデータ変換器 7 と接続され、各種データを取得する。

[0057] 上載荷重計測機 1 は、回転杭 17 の杭頭部に与える上載荷重（圧入力）を計測する。上載荷重計測機 1 として、例えばロードセル 1a が用いられる。ロードセル 1a は、杭打ち機リーダー 10 の上端と、オーガーマシン 15 を吊っているワイヤロープ 3a の端部との間に取り付けられ、ワイヤロープ 3a の引張力を計測する。このため、回転杭 17 に作用する上載荷重は、オーガーマシン 15 の自重からロードセル 1a の計測値を差し引いた値となる。なお、オーガーマシン 15 の自重だけでは上載荷重が不足する場合、杭打ち機本体 13 を反力体としてオーガーマシン 15 を引き込む他のワイヤロープ

を設ける場合がある。この場合、他のワイヤロープにもロードセル 1 a を取り付け、2 つのロードセル 1 a の計測データを加算して上載荷重とする。

[0058] 上載荷重計測機 1 として、上述したロードセル 1 a が用いられるほか、公知の圧入力計測機が用いられてもよい。例えば、杭打ち機リーダー 1 0 に直接、油圧式のオーガーマシン 1 5 が装着できるラックピニオン式の杭打ち機では、上載荷重計測機 1 として、オーガーマシン 1 5 に圧力センサを取り付けてもよい。

[0059] 回転角計測機 2 は、回転杭 1 7 の回転角を計測する。回転角計測機 2 として、例えば磁気反応近接スイッチ 2 a と、金属片 2 b とを有する回転角計測センサが用いられる。磁気反応近接スイッチ 2 a は、オーガーマシン 1 5 の有する非回転枠材 1 5 b に設けられる。金属片 2 b は、オーガーマシン 1 5 の有する本体部 1 5 a における回転体 1 5 c に複数（例えば 2 ～ 8 箇所）設けられる。

[0060] このような回転角計測センサでは、回転杭 1 7 と、回転体 1 5 c が回転し、金属片 2 b が非接触で磁気反応近接スイッチ 2 a に近接する毎にパルス信号が生成され、回転角を計測できる。例えば金属片 2 b を杭周方向 W における 8 箇所に対して均等に設けた場合、回転角 4 5 度毎にパルス信号が生成される。また、例えば金属片 2 b を杭周方向 W における 2 箇所に対して均等に設けた場合、回転角 1 8 0 度毎にパルス信号が生成される。

[0061] 回転角計測機 2 として、上述した回転角計測センサを用いる方式が最も簡単で故障も少ないが、他の接触スイッチ方式や、エンコーダ角度センサ等の公知の構成を用いた方式を採用してもよい。

[0062] 貫入量計測機 3 は、回転杭 1 7 の貫入量を計測する。貫入量計測機 3 として、例えばワイヤロープ 3 a と、エンコーダ 3 b とを有する貫入量計測センサが用いられる。ワイヤロープ 3 a は、オーガーマシン 1 5 に先端部を連結し、杭打ち機リーダー 1 0 の上端で折返して杭打ち機本体 1 3 に誘導して巻き取れるように設けられる。エンコーダ 3 b は、杭打ち機本体 1 3 上に設けられ、ワイヤロープ 3 a の移動量を回転杭 1 7 の貫入量として計測する。

- [0063] 貫入量計測機 3 として、上述した貫入量計測センサが用いられるほか、公知の計測センサ等が用いられてもよい。
- [0064] 回転トルク計測機 4 は、回転杭 17 を回転圧入する際の回転トルクを計測する。回転トルク計測機 4 として、例えばオーガー電流計 4 a が用いられる。この場合、従来から行われている公知の計測手段であるオーガーの駆動電流によって計測することができる。
- [0065] 変動量計測機 5 は、地盤 91 上に固定された状態で用いられる。変動量計測機 5 は、例えば回転杭 17 までの距離を測定する。変動量計測機 5 は、例えば地盤 91 に回転圧入する前（初期状態）における回転杭 17 までの距離を初期値として、回転圧入中における回転杭 17 までの距離を測定し、各距離の差分（位置ずれの量）を変動量として計測する。
- [0066] 変動量計測機 5 として、例えばレーザー距離計等のような公知の距離計測装置が用いられる。なお、変動量計測機 5 により測定された回転杭 17 までの距離に基づき、施工管理装置 6 を用いて変動量を計測してもよい。
- [0067] なお、変動量計測機 5 として、例えば傾斜計が用いられてもよい。この場合、変動量計測機 5 は、オーガーマシン 15 や回転杭 17 等に取り付けられる。この場合、初期状態における傾斜角度を初期値として、回転圧入中における傾斜角度を測定し、各傾斜角度の差分（変化量）を変動量として計測する。
- [0068] また、変動量計測機 5 として、例えば距離計測装置および傾斜計の何れもが用いられてもよい。この場合、位置ずれの量と、変化量とを組み合わせた値を、変動量として計測する。
- [0069] <ケーシングドライバー 21>
- 回転杭の施工管理システム 100 では、例えば図 6 および図 7 に示すように、回転杭 17 の回転圧入装置として、ケーシングドライバー 21 が用いられてもよい。図 6 は、ケーシングドライバー 21 の一例を示す上面図である。図 7 は、ケーシングドライバー 21 の一例を示す模式図である。
- [0070] この場合においても、施工管理システム 100 は、上述した図 3 に示す主

な構成と同様である。以下、オーガーマシン 15 を備える場合とは異なる構成について説明し、同様の内容については、適宜説明を省略する。

- [0071] ケーシングドライバー 21 は、例えば図 6 に示すように、反力バー 21b を介してクローラークレーン 21a によって支持される。回転杭 17 は、クローラークレーン 21a によって吊り下げられた状態で、ケーシングドライバー 21 内に挿通される。
- [0072] ケーシングドライバー 21 は、例えば図 7 (a) に示すように、支持板 41 上に設けられ、回転杭 17 を把持する。ケーシングドライバー 21 として、例えば台座 26 と、圧入用油圧ジャッキ 24 と、非回転枠材 27 と、油圧モーター 23 と、旋回リング 22 と、把持部 25 とを有する公知のケーシングドライバーが用いられる。
- [0073] 台座 26 は、例えば支持板 41 上に設けられるほか、地盤 91 上に直接設けられてもよい。圧入用油圧ジャッキ 24 は、台座 26 に設置され、例えば 4 つ用いられる。非回転枠材 27 は、圧入用油圧ジャッキ 24 に取り付けられる。油圧モーター 23 は、非回転枠材 27 に支持され、旋回リング 22 に回転トルクを作用させる。旋回リング 22 は、歯車機構 28 および軸受け機構 29 を介して、油圧モーター 23 により回転する。把持部 25 は、旋回リング 22 の上部に一体回転するように連結され、ハンドル 30 を用いて回転杭 17 を把持する。
- [0074] 例えば支持板 41 が設けられる場合、支持板 41 は、ケーシングドライバー 21 と、地盤 91 との間に挟まれる。支持板 41 は、回転圧入中の回転杭 17 における偏心量の増加に伴い、ケーシングドライバー 21 および回転杭 17 とともに設置された位置がずれる傾向を示す。
- [0075] 上載荷重計測機 1 として、例えば圧入用油圧ジャッキ 24 の油圧を計測する公知の圧力センサを用いることができる。
- [0076] 回転角計測機 2 として、上述した回転角計測センサを用いることができる。この場合、磁気反応近接スイッチ 2a は、非回転枠材 27 上に設けられる。金属片 2b は、旋回リング 22 上に設けられる。これにより、上述した回

転角計測センサと同様に、回転杭 17 の回転に応じてパルス信号が生成され、回転角を計測できる。

[0077] 貫入量計測機 3 として、例えば圧入用油圧ジャッキ 24 のストロークを計測するストロークセンサ 3c を用いることができる。ストロークセンサ 3c は、圧入用油圧ジャッキ 24 のシリンダー 24a と、台座 26 との間に設けられる。ストロークセンサ 3c として、例えばリニア方式変位計や、紐等を用いたポテンショメーター方式等の公知の計測方式を用いることができる。

[0078] 回転トルク計測機 4 として、例えば旋回リング 22 を回転駆動する油圧モーター 23 の油圧を計測する公知の圧力センサ（油圧センサ）を用いることができる。

[0079] 変動量計測機 5 は、支持板 41 に対して離間し、地盤 91 上に設けられる。この場合、変動量計測機 5 は、例えば初期状態における支持板 41 までの距離を初期値として、回転杭 17 の回転圧入中における支持板 41 までの距離を測定し、各距離の差分（位置ずれの量）を回転杭 17 の変動量として計測する。

[0080] 回転杭 17 の回転圧入中において、回転杭 17 の変動する範囲は、地盤 91 と平行な平面の変動に加え、傾斜の変動も含まれる。そのため、当該平面の変動、および当該傾斜の変動の少なくとも一方を計測することが好ましい。

[0081] ここで、支持板 41 の変動する範囲は、地盤 91 と平行な平面の変動（水平面における移動量）のみである。そのため、変動量計測機 5 を用いて支持板 41 の位置ずれの量を回転杭 17 の変動量として計測する場合、回転杭 17 の変動量を直接計測する場合に比べて、変動する領域が狭い。また、回転杭 17 の変動量を直接計測する場合、回転杭 17 の回転中に計測する必要があり、回転に伴う計測のばらつきが大きくなる場合がある。これらを踏まえると、支持板 41 の位置ずれの量を回転杭 17 の変動量として計測することで、計測値のばらつきを抑制することができる。

[0082] 変動量計測機 5 は、例えば支持板 41 上に設けられてもよい。この場合、

支持板 4 1 に対して離間した地盤 9 1 上（例えば図 7（a）の変動量計測機 5 の位置）に計測基準部を設け、計測基準部までの距離を測定することで、上記と同様に回転杭 1 7 の変動量を計測することができる。

[0083] （回転杭の施工方法の一例）

次に、本実施形態における回転杭の施工方法の一例について、図 8 を参照して説明する。図 8 は、本実施形態における回転杭の施工方法の一例を示すフローチャートである。

[0084] 本実施形態における回転杭の施工方法は、回転圧入工程 S 1 0 0 と、計測工程 S 1 1 0 と、判断工程 S 1 2 0 とを備え、例えば回転圧入工程 S 1 0 0 を実施しながら、計測工程 S 1 1 0 および判断工程 S 1 2 0 を適宜繰り返し実施する。

[0085] ＜回転圧入工程 S 1 0 0＞

回転圧入工程 S 1 0 0 は、オーガーマシン 1 5 またはケーシングドライバー 2 1 により、回転杭 1 7 を把持し、らせん羽根 1 6 が設けられた先端部を地盤 9 1 に当接させる。その後、地盤 9 1 に対して回転杭 1 7 を回転圧入する。

[0086] ＜計測工程 S 1 1 0＞

計測工程 S 1 1 0 は、地盤 9 1 に対して回転杭 1 7 を回転圧入中に、回転杭 1 7 における上載荷重を計測する。計測工程 S 1 1 0 では、例えば上載荷重を周期的に計測する。上載荷重を計測する周期は、例えば 1 秒以上 6 0 秒以下の所定値であり、施工条件等に応じて任意に設定できる。上載荷重を計測する周期を短くした場合、回転杭 1 7 の状態を高精度にモニタリングできる。一方、上載荷重を計測する周期を長くした場合、蓄積されるデータ量を削減することができる。

[0087] 特に、上載荷重を計測する周期として、1 0 秒以下とすることで、回転杭 1 7 の中に堆積された土砂 9 1 a の傾向を容易に把握することができる。回転杭 1 7 の中における土砂 9 1 a の堆積量を推定する場合、上載荷重のゆるやかな増加傾向から推定するほか、上載荷重の突発的な変動により推定でき

ることがある。この場合、１０秒を超える計測周期に設定すると、上載荷重の突発的な変動が計測されず、土砂９１ａの閉塞を見逃す可能性が高まる。そのため、上載荷重を計測する周期は１０秒以下が好ましい。

[0088] <判断工程Ｓ１２０>

次に、判断工程Ｓ１２０は、計測工程Ｓ１１０で得られた測定結果に基づき、回転杭１７の中に堆積された土砂９１ａの詰まりを取るか否かを判断する。判断工程Ｓ１２０では、例えば予め設定された回転杭１７の回転圧入の条件に関する基準杭情報を判断基準として参照し、回転杭１７の中に堆積された土砂９１ａの詰まりを取るか否かを判断する。基準杭情報は、例えば上載荷重の絶対値、直前の値との差分値、または一定区間の積分値、平均値、もしくは標準偏差に基づく閾値や許容範囲等の管理値を示す。基準杭情報は、回転杭１７の杭径、らせん羽根１６の径、Ｎ値、地盤９１の深度等に応じて、上載荷重の閾値等を任意に設定することができる。

[0089] 基準杭情報は、例えば過去に施工された回転杭１７の回転圧入時における過去の計測結果を含んでもよい。この場合、判断工程Ｓ１２０は、過去の計測結果を含む基準杭情報と、計測工程Ｓ１１０における上載荷重の計測結果とを比較し、土砂９１ａの詰まりを取るか否かを判断する。このため、地盤９１の特徴や施工実績等を踏まえた最適な判断を実施することができる。

[0090] <詰まり取り工程Ｓ１２１>

回転杭の施工方法は、例えば図８（ｂ）に示すように、詰まり取り工程Ｓ１２１を備えてもよい。詰まり取り工程Ｓ１２１は、判断工程Ｓ１２０において土砂９１ａの詰まりを取ると判断した場合に実施される。

[0091] 詰まり取り工程Ｓ１２１では、例えば図２（ｂ）に示したように、回転杭１７を反転するように制御することで、回転杭１７の中に堆積された土砂９１ａに対し、回転圧入方向と反対の力を生じさせ、回転杭１７内の土砂９１ａの詰まりを取る。この場合、回転杭１７の回転条件を制御するだけで、回転杭１７の中に堆積された土砂９１ａの詰まりを取ることができるため、土砂９１ａの詰まり取りに費やす時間を短くすることができる。

[0092] 上記のほか、詰まり取り工程 S 1 2 1 では、例えば図 9 に示すように、採掘装置 5 1 を用いて回転杭 1 7 の中に堆積された土砂 9 1 a の少なくとも一部を撤去し、回転杭 1 7 内の土砂 9 1 a の詰まりを取ってもよい。採掘装置 5 1 として、例えばクレーン 5 0 等に吊り下げられたハンマークラブが用いられる。この場合、例えば図 9 (b) に示すように、採掘装置 5 1 を用いて直接土砂 9 1 a を撤去するため、土砂 9 1 a の詰まりを確実に取ることができかつ、回転杭 1 7 内から撤去した土砂 9 1 a の量を把握することができる。

[0093] なお、例えば詰まり取り工程 S 1 2 1 のあとに再び計測工程 S 1 1 0 を実施する場合、当該詰まり取り工程 S 1 2 1 の後に計測された上載荷重の計測結果と、当該詰まり取り工程 S 1 2 1 の前に計測された上載荷重の計測結果とを比較することで、土砂 9 1 a の詰まりが取れたか否かを確認することができる。このような土砂 9 1 a の詰まりが取れた否かを確認する工程を、確認工程 S 1 2 3 として回転杭の施工方法が備えてもよい。また、各計測結果の比較は、施工管理装置 6 により演算した結果を用いてもよい。

[0094] これにより、本実施形態における回転杭の施工方法が完了する。なお、図 8 (a) に示すように、判断工程 S 1 2 0 を実施したあとに計測工程 S 1 1 0 を再び実施し、必要に応じてこれら工程を繰り返し実施することで、任意の地盤 9 1 の深さに応じた回転杭 1 7 の貫入を実現することができる。特に、判断工程 S 1 2 0 において土砂 9 1 a の詰まりを取らないと判断したあと、計測工程 S 1 1 0 を再び実施することで、継続的に回転杭 1 7 の回転圧入を進めることができる。

[0095] なお、回転杭の施工方法では、例えば移動工程 S 1 2 2 をさらに備えてもよい。移動工程 S 1 2 2 は、回転杭 1 7 を支持層 9 2 まで回転圧入したあと、採掘装置 5 1 を用いて撤去した土砂 9 1 a を、回転杭 1 7 の中に移動させる。具体的には、詰まり取り工程 S 1 2 1 において撤去した土砂 9 1 a が、例えば図 9 (a) に示すように、地盤 9 1 上に仮置きされ、移動工程 S 1 2 2 において回転杭 1 7 の中に移される。このため、施工現場の外への土砂 9

1 a の排出することを防ぐことができる。

[0096] (回転杭の施工方法の第 1 変形例)

次に、本実施形態における回転杭の施工方法の第 1 変形例について説明する。上述した回転杭の施工方法と、第 1 変形例との違いは、計測工程 S 1 1 0 において、回転杭 1 7 の上載荷重以外を計測する点である。なお、上述した回転杭の施工方法と同様の構成については、説明を省略する。

[0097] 計測工程 S 1 1 0 では、例えば上載荷重のほか、回転杭 1 7 の回転角、回転杭 1 7 の貫入量、回転杭 1 7 の回転トルク、および回転杭 1 7 の変動量の少なくとも何れかを杭情報として計測してもよい。計測工程 S 1 1 0 では、回転杭 1 7 の回転角、回転杭 1 7 の貫入量、および回転杭 1 7 の回転トルクのそれぞれは、例えば上述した回転角計測機 2、貫入量計測機 3、および回転トルク計測機 4 を用いて計測される。

[0098] 計測工程 S 1 1 0 において回転杭 1 7 の変動量を計測する場合、例えば変動量計測機 5 を用いて、回転杭 1 7 から変動量を計測する。この場合、例えば支持板 4 1 の位置ずれの量を、回転杭 1 7 の変動量として計測する。また、計測工程 S 1 1 0 では、変動量計測機 5 に代えて、例えば定規、ゲージ等の計測工具を用いて変動量を計測してもよい。この場合、例えば作業者が計測工具を用いて、支持板 4 1 の初期値からの位置ずれの量を測定することで、回転杭 1 7 の変動量が計測される。例えば作業者が測定した値を施工管理装置 6 に入力することで、変動量が計測されてもよい。

[0099] 作業者が計測工具を用いて位置ずれの量を測定することで、変動量計測機 5 を設置できない場所でも円滑に計測工程 S 1 1 0 を実施することができる。なお、例えば持ち運び可能な小型の変動量計測機 5 を用いて、作業者が測定し、回転杭 1 7 の変動量を計測してもよい。

[0100] 判断工程 S 1 2 0 は、例えば図 1 0 に示すように、上述した基準杭情報と、変動量等の計測結果（杭情報）とを比較して、正常または異常の判断をすることを含んでもよい。この場合、判断結果に基づき、回転杭 1 7 の回転圧入の条件を制御する。また、回転杭 1 7 の回転圧入の条件を踏まえることで

、回転杭 17 の中に堆積された土砂 91a の詰まりを取るか否かの判定精度を向上させることができる。

[0101] 判断工程 S120 では、例えば変動量等が、基準杭情報に含まれる閾値を超えた場合、回転トルクの低減、または反転するように条件を設定する。なお、上述した「回転杭 17 の回転圧入の条件を制御」とは、杭情報に基づき、回転杭 17 を回転圧入する条件の変更を実施する場合のほか、条件の変更を実施しないで回転圧入を進める場合や、回転圧入を停止する場合も含む。

[0102] 判断工程 S120 において、基準杭情報と、変動量等とを比較する方法として、例えば施工管理装置 6 により基準杭情報と、変動量等との比較が実行され、変動量等を正常または異常に分類した結果がモニタ画面 6b に表示される。このとき、作業者が確実に認識できるように、アラートを表示してもよく、例えば音を発するようにしてもよい。このほか、例えば作業者が正常または異常を最終的に判断してもよい。モニタ画面 6b に表示された計測結果または比較した結果から、作業者が正常と判断した場合、回転杭 17 の回転圧入の条件を制御した上で計測工程 S110 を実施、または施工を終了する。

[0103] 第 1 変形例では、例えば確認工程 S123 をさらに備えてもよい。確認工程 S123 は、判断工程 S120 において変動量等を異常と判断した場合、回転杭 17 の状態を確認する。このとき、例えば回転杭 17 の回転を停止した上で、回転杭 17 の状態を確認する。

[0104] <基準杭情報>

次に、第 1 変形例における基準杭情報の一例について、図 11 を参照して説明する。

[0105] 基準杭情報として、例えば図 11 に示すように、らせん羽根 16 のピッチ P に対する回転杭 17 の 1 回転当りの貫入量 S の許容範囲が含まれてもよい。この場合、計測工程 S110 により計測された杭情報に含まれる回転角と、貫入量とを用いて、1 回転当りの貫入量 S を算出する。そして、算出した 1 回転当りの貫入量 S と、基準杭情報の 1 回転当りの貫入量 S の許容範囲と

を比較し、比較結果に基づき上載荷重Nを制御する。なお、一回転当りの貫入量Sの算出は、施工管理装置6によって算出されるほか、作業者が算出してもよい。

[0106] 例えば、算出した1回転当りの貫入量Sが、基準杭情報に設定された1回転当りの貫入量Sよりも大きい場合、上載荷重Nを減少させることで、次に計測された回転角と、貫入量とを用いて算出する1回転当りの貫入量Sを、基準杭情報に設定された1回転当りの貫入量Sに近づけることができる。これにより、例えばらせん羽根16に無理な荷重が作用せず、また回転杭17における先端部の土砂91aを乱さずに、効率よく施工を実施することが可能となる。

[0107] (回転杭の施工方法の第2変形例)

次に、本実施形態における回転杭の施工方法の第2変形例について説明する。上述した回転杭の施工方法と、第2変形例との違いは、回転杭の中に堆積された土砂91aの堆積量を直接計測する点である。なお、上述した回転杭の施工方法と同様の構成については、説明を省略する。

[0108] 計測工程S110では、例えば上載荷重のほか、土砂91aの堆積量を計測することを含んでもよい。土砂91aの堆積量は、例えば図12に示す距離計18を用いて計測される。

[0109] 計測工程S110では、例えば図12(a)に示すように、距離計18として光波距離計81が用いられる。この場合、例えば回転圧入工程S100において、回転杭17の上方に脱着可能に設けたクランプ83に光波距離計81を固定して取り付ける。これにより、光波距離計81から発振される光波ビーム84を測定することで、回転杭17の土砂91a上面までの距離を非接触で測定することができ、土砂91aの堆積量を計測することができる。距離計18として用いる光波距離計81には、任意のレーザー距離計を用いることができる。

[0110] 計測工程S110において土砂91aの堆積量を計測することで、判断工程S120の補助として利用することができる。計測工程S110において

、例えば計測する土砂 9 1 a の堆積量の経時変化に基づき、判断工程 S 1 2 0 における判断を実施してもよい。例えば計測工程 S 1 1 0 において、事前に計測された土砂 9 1 a の堆積量と比べて変化がないとき、回転杭 1 7 の中に土砂 9 1 a が詰まっていると推定できる。この場合、判断工程 S 1 2 0 では、回転杭 1 7 の中に堆積された土砂 9 1 a の詰まりを取ると判断することができる。このように、計測する土砂 9 1 a の堆積量の経時変化に基づき、判断工程 S 1 2 0 における判断を実施することで、施工条件が異なる場合においても定量的に判断することが可能となる。なお、「事前に計測された土砂 9 1 a の堆積量」は、直前における計測結果のほか、例えば所定時間以前における計測結果でもよく、状況に応じて任意に設定することができる。

[0111] 特に、上述した詰まり取り工程 S 1 2 1 を実施したあとの確認工程 S 1 2 3 において堆積量を計測することで、回転杭 1 7 の中における土砂 9 1 a の詰まりが取れたか否かをより確実に判断することができる。なお、確認工程 S 1 2 3 では、例えば図 1 2 (b) に示すように、距離計 1 8 として、検尺ロープ 8 6 に重り 8 5 を取り付けたものが用いられてもよい。この場合、重り 8 5 を土砂 9 1 a 上面に載置し、検尺ロープ 8 6 の延在する長さを測定することで、土砂 9 1 a の堆積量を計測することができる。

[0112] (施工記録)

次に、本実施形態における回転杭の施工方法に利用される施工記録の一例について、図 1 3 を参照して説明する。図 1 3 は、地盤 9 1 の N 値、回転杭 1 7 の回転トルク、回転杭 1 7 の貫入量、および回転杭 1 7 の上載荷重のそれぞれが、地盤 9 1 の深度毎にプロットされた施工記録の一例を示すグラフである。図 1 3 では、硬質地盤 9 3 に相当する領域を第 1 領域 R 1 および第 2 領域 R 2 で示し、支持層 9 2 の上面に相当する位置を位置 D 1 で示している。

[0113] 上載荷重は、深度が大きく（深くなる）につれて、大きくなる傾向を示す。また、回転杭 1 7 が各領域 R 1、R 2 内を回転圧入したとき、上載荷重の急上昇点 P 1、P 2 を検出する。そして、計測工程 S 1 1 0 を実施し、急上

昇点 P 1、P 2 を計測した場合に、判断工程 S 1 2 0 において「土砂 9 1 a の詰まりを取る」と判断する。また、各領域 R 1、R 2 内を回転圧入したとき、回転杭 1 7 の回転トルクが大きくなる傾向を示す。このため、上載荷重に加えて回転トルクを計測することで、判断工程 S 1 2 0 における判断の補助指標として利用することができる。

[0114] 急上昇点 P 1、P 2 としては、例えば、判断対象とする時点よりも前に計測工程 S 1 1 0 において計測された上載荷重の平均値に対し、判断対象とする時点での計測工程 S 1 1 0 における上載荷重の計測値が 2 倍以上である場合、当該計測値を急上昇点と判断してもよい。

[0115] なお、例えば判断工程 S 1 2 0 において、施工管理装置 6 が判断の補助を実行してもよい。即ち、施工管理装置 6 は、土砂 9 1 a の詰まりを取る必要があると判定した場合や、変動量等を異常と判定した場合、作業者に異常を報知する報知情報（例えばアラート）をモニタ画面 6 b に表示してもよい。これにより、作業者は、常にモニタ画面 6 b を確認する必要がなく、作業性の向上を図ることが可能となる。また、作業者毎の主観的な判断基準のばらつきを抑制することができる。これにより、作業者の作業習熟度等に寄らず、回転杭 1 7 の中に土砂 9 1 a が詰まること等を防止することが可能となる。

[0116] 本実施形態における回転杭の施工方法によれば、計測工程 S 1 1 0 は、地盤 9 1 に対して回転杭 1 7 を回転圧入中に、回転杭 1 7 の上載荷重を計測する。判断工程 S 1 2 0 は、計測工程 S 1 1 0 での計測結果に基づき、回転杭 1 7 の中に堆積された土砂 9 1 a の詰まりを取るか否かを判断する。すなわち、作業者は、計測された上載荷重に基づき、回転圧入中の回転杭 1 7 の中に堆積された土砂 9 1 a の詰まりを取るか否かを判断することができ、回転杭 1 7 を地盤 9 1 に回転圧入する際に、回転杭 1 7 の中に土砂 9 1 a が詰まることを防ぐことが可能となる。

[0117] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、計測工程 S 1 1 0 は、回転杭 1 7 の回転トルクおよび貫入量の少なくとも何れかを計測するこ

とを含む。このため、回転杭 17 の回転圧入の状態を踏まえた上で、判断工程 S 120 を実施することができ、判断工程 S 120 における判定精度を向上させることが可能となる。

[0118] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、判断工程 S 120 は、過去の計測結果と、計測工程 S 110 における計測結果とを比較し、土砂 91a の詰まりを取るか否かを判断する。このため、地盤 91 の特徴や施工実績等を踏まえた最適な判断を実施することができ、判定精度をさらに向上させることが可能となる。

[0119] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、詰まり取り工程 S 121 は、判断工程 S 120 において土砂 91a の詰まりを取ると判断した場合、回転杭 17 を反転するように制御し、土砂 91a の詰まりを取る。このため、上載荷重に対する回転杭 17 を反転するタイミングや反転時間等を、データとして残すことができる。これにより、施工条件の詳細をデータとして蓄積でき、今後の施工に利用することが可能となる。

[0120] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、詰まり取り工程 S 121 は、判断工程 S 120 において土砂 91a の詰まりを取ると判断した場合、採掘装置 51 を用いて土砂 91a を撤去し、土砂 91a の詰まりを取る。このため、土砂 91a の詰まりをより確実に取ることができかつ、回転杭 17 内から撤去された土砂 91a の量を把握することができる。

[0121] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、移動工程 S 122 では、回転杭 17 を支持層 92 まで回転圧入したあと、撤去した土砂 91a を回転杭 17 の中に移動させる。このため、施工現場の外へ土砂 91a を排出することを防ぐことができる。これにより、施工現場の外への土砂 91a の排出に必要な工数やコストを削減することが可能となる。

[0122] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、計測工程 S 110 は、回転杭 17 の中に堆積された土砂 91a の堆積量を計測する。このため、例えば回転杭 17 の回転圧入に伴い精度が低下する光波距離計 81 等を用いた場合においても、判断工程 S 120 の補助として利用することができる。

。これにより、回転杭 17 の中に堆積された土砂 91 a の詰まりの判定精度をさらに向上させることが可能となる。

[0123] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、確認工程 S 123 は、詰まり取り工程 S 121 のあと、堆積量を計測し、土砂 91 a の詰まりが取れたか否かを確認する。これにより、詰まり取り工程 S 121 によって土砂 91 a の詰まりが取れたかをより正確に判断することができる。

[0124] また、本実施形態における回転杭 17 によれば、上述した回転杭の施工方法により、地盤 91 の支持層 92 まで貫入される。このため、回転圧入中における土砂 91 a の詰まりを防止した状態で施工された回転杭 17 を実現することが可能となる。

[0125] なお、回転杭 17 が支持層 92 まで貫入され、回転杭 17 が打ち止めされた状態（回転杭 17 が支持層 92 の所定の深度まで貫入され、回転杭 17 の施工が完了した状態）では、回転杭 17 の内部に土砂 91 a が詰まっていることが好ましい。この場合、詰まった土砂 91 a により支持力が得られるため、回転杭 17 の安定性が向上する。なお、このような回転杭 17 を得るためには、本実施形態における回転杭の施工方法により回転杭 17 を支持層 92 の所定の深度まで貫入した後に、例えば回転杭 17 の内部に土砂を入れて、詰まりを生じさせてもよい。また、回転杭 17 が打ち止めされた状態において、少なくとも杭先端から上方へ杭径以上の厚さで土砂 91 a が回転杭 17 の内部に詰まっていることがより好ましい。

[0126] なお、上述した施工管理装置 6 として、パーソナルコンピュータ等の電子機器が用いられる。施工管理装置 6 は、例えば CPU（Central Processing Unit）と、ROM（Read Only Memory）と、RAM（Random Access Memory）と、保存部と、I/F と、キーボード 6 a と、モニタ画面 6 b とを備え、各構成が内部バスに接続される公知の電子機器である。作業者は、キーボード 6 a を介して、各種情報または施工管理装置 6 の制御コマンド等を入力または選択することができる。作業者は、例えば液晶ディスプレイ等のモニタ画面 6 b を介して、各種情報を認識することができる。

[0127] CPUは、施工管理装置6全体を制御する。ROMは、CPUの動作コードを格納する。RAMは、CPUの動作時に使用される作業領域である。保存部は、杭情報や基本杭情報等の各種情報が保存される。保存部には、例えば予め基準杭情報等が保存される。保存部として、例えばHDD (Hard Disk Drive) や、SSD (solid state drive) 等の公知の記憶媒体が用いられる。施工管理装置6により実行される各機能は、CPUが、RAMを作業領域として、保存部等に記憶されたプログラムを実行することにより実現される。

[0128] 以上、本発明の実施形態の例について詳細に説明したが、上述した実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならない。

符号の説明

- [0129] 1 : 上載荷重計測機
1 a : ロードセル
2 : 回転角計測機
2 a : 磁気反応近接スイッチ
2 b : 金属片
3 : 貫入量計測機
3 a : ワイヤロープ
3 b : エンコーダ
3 c : ストロークセンサ
4 : 回転トルク計測機
4 a : オーガー電流計
5 : 変動量計測機
5 a : ロードセル
6 : 施工管理装置
6 a : キーボード
6 b : モニタ画面

- 6 c : プリンタ
- 7 : データ変換器
- 8 : インターフェースボックス
- 9 : データ入力部
- 10 : 杭打ち機リーダー
- 11 : 無限軌道体
- 12 : 旋回支持台
- 13 : 杭打ち機本体
- 14 : 傾斜支持アーム
- 15 : オーガーマシン
- 15 a : 本体部
- 15 b : 非回転枠材
- 15 c : 回転体
- 16 : らせん羽根
- 17 : 回転杭
- 18 : 距離計
- 19 : 運転室
- 21 : ケーシングドライバー
- 21 a : クローラークレーン
- 21 b : 反力バー
- 22 : 旋回リング
- 23 : 油圧モーター
- 24 : 圧入用油圧ジャッキ
- 24 a : シリンダー
- 25 : 把持部
- 26 : 台座
- 27 : 非回転枠材
- 28 : 歯車機構

29	: 軸受け機構
30	: ハンドル
41	: 支持板
50	: クレーン
51	: 採掘装置
81	: 光波距離計
83	: クランプ
84	: 光波ビーム
85	: 重り
86	: 検尺ロープ
91	: 地盤
91 a	: 土砂
92	: 支持層
93	: 硬質地盤
100	: 施工管理システム
S100	: 回転圧入工程
S110	: 計測工程
S120	: 判断工程
S121	: 詰まり取り工程
S122	: 移動工程
S123	: 確認工程
X	: 杭軸直交方向
W	: 杭周方向
Z	: 杭軸方向