

明 細 書

発明の名称：

回転杭の施工方法、杭群の製造方法、杭群、回転杭の施工管理装置、及び
回転杭の施工管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、回転杭の施工方法、杭群の製造方法、杭群、回転杭の施工管理装置、及び回転杭の施工管理システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、らせん羽根を設けた回転杭を地盤に貫入するために、例えば特許文献 1、2 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、杭下端部の外側面に 1 枚または複数枚の羽根を有する回転圧入杭の施工管理方法において、施工時における杭の 1 回転当たりの貫入量の計測データを得て回転圧入杭の最適貫入施工を可能とし、また、杭頭部におけるトルク、上載荷重の計測データと合わせて回転圧入杭の押込み支持力または引抜き抵抗力を算定可能とする旨が開示されている。

[0004] 特許文献 2 では、回転貫入鋼管杭の施工管理方法において、鋼管杭を地中に回転貫入する全旋回機とクローラークレーン等の重機とを 1 方向の反力バールを介して連結して行う回転貫入鋼管杭の施工において、鋼管杭に作用する軸力または全旋回機に作用するトルクを制御することにより杭体の破損を防止することを特徴とする旨が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献 1：特開 2002-21076 号公報

特許文献 2：特開 2005-23775 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来の施工管理方法や、特許文献 1、2 の施工管理方法を実施した場合において、回転杭が破損する事例が報告されている。そして、回転杭の破損の防止は、施工作業者の経験によるものとなっている。その結果、回転杭が破損したり、あるいは回転杭を破損させないように、必要以上に安全サイドでの施工条件を用いて、作業効率が低下したりする問題がある。このため、施工条件を適切に管理することにより回転杭の破損が防止できる施工方法が望まれている。

[0007] 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、回転杭の破損を防止することができる回転杭の施工方法、杭群の製造方法、杭群、回転杭の施工管理装置、及び回転杭の施工管理システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 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、前記回転杭の変動量と前記回転杭の回転トルクを含む杭情報を計測する計測工程と、予め設定した閾値に基づいて、回転トルクと偏心量の関係から杭体の正常又は異常を判断する比較工程と、前記杭情報に基づき、前記回転杭の回転圧入の条件を制御する制御工程と、を備え、前記制御工程では、前記比較工程の結果に基づいて、前記回転杭の回転トルクを低減、又は回転を停止若しくは反転するように制御することを特徴とする。

[0009] 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、前記回転杭の初期設置位置からの水平面における移動量、および前記回転杭を把持するケーシングドライバーと前記回転杭との相対的な傾き量の少なくとも一方を前記変動量として計測することを特徴とする。

[0010] 第 3 発明に係る回転杭の施工方法は、第 2 発明において、前記計測工程は、前記地盤と前記ケーシングドライバーとの間に挟まれた支持板の位置ずれの量を、前記変動量として計測することを特徴とする。

[0011] 第 4 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、前記杭情報は、前記回転杭の貫入量、および前記回転杭の上載荷重の少なくとも何れかをさらに含むことを特徴とする。

[0012] 第5発明に係る回転杭の施工方法は、第1発明～第4発明の何れかにおいて、前記制御工程は、予め設定された前記回転杭の回転圧入の条件に関する基準杭情報と、前記杭情報とを比較し、正常または異常を判断する比較工程を有することを特徴とする。

[0013] 第6発明に係る杭群の製造方法は、第1発明～第5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。

[0014] 第7発明に係る杭群は、第6発明の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。

[0015] 第8発明に係る回転杭の施工管理装置は、羽根を設けた回転杭を、地盤に貫入するために用いられる施工管理装置であって、前記地盤に対して前記回転杭を回転圧入中に計測された杭情報を取得する取得部と、前記杭情報を保存する保存部と、前記杭情報を表示する表示部と、を備え、前記杭情報は、前記回転杭の変動量を含むことを特徴とする。

[0016] 第9発明に係る回転杭の施工管理方法は、第8発明において、前記回転杭の回転圧入の条件に関する基準杭情報と、前記杭情報とを比較し、正常または異常に分類する比較部と、前記比較部が前記杭情報を異常と分類した場合、作業者に異常を報知する報知情報を生成する生成部と、をさらに備え、前記基準杭情報は、前記保存部に予め保存されることを特徴とする。

[0017] 第10発明に係る回転杭の施工管理システムは、羽根を設けた回転杭を、地盤に貫入するために用いられる施工管理システムであって、前記地盤に対して前記回転杭を回転圧入中に計測された杭情報を取得する取得手段と、前記杭情報を保存する保存部と、前記杭情報を出力する出力手段と、を備え、前記杭情報は、前記回転杭の変動量を含むことを特徴とする。

発明の効果

[0018] 第1発明～第5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、回転杭の変動量と回転杭の回転トルクを含む杭情報を計測し、予め設定した閾値に基づいて、回転トルクと偏心量の関係から杭体の正常又は異常を判断する。このため、作業者は、変動量に基づき、回転圧入中の回転杭の状態を推定することができ、杭体の正常又は異常の判断結果に基づいて、回転杭の回転トルクを低減、又は回転を停止若しくは反転するように制御する。これにより、回転杭の破損を防止することが可能となる。

[0019] 特に、第2発明によれば、計測工程は、回転杭の初期設定位置からの水平面における移動量、およびケーシングドライバーと回転杭との相対的な傾き量の少なくとも一方を変動量として計測する。このため、従来の施工方法から大幅な変更をせずに、変動量を計測することができる。これにより、変動量を容易に計測することが可能となる。

[0020] 特に、第3発明によれば、計測工程は、支持板の位置ずれの量を、変動量として計測する。このため、回転杭の変動量を直接計測する場合に比べて、回転杭の回転に伴う計測値のばらつきを抑制することができる。これにより、変動量を高精度に計測することが可能となる。

[0021] 特に、第4発明によれば、杭情報は、回転杭の貫入量、および回転杭の上載荷重の少なくとも何れかをさらに含む。このため、作業者は、回転杭の変動量と、回転圧入条件とを組み合わせた上で、回転杭の状態を推定することができる。これにより、多角的な視点に基づく回転杭の破損を防止することが可能となる。

[0022] 特に、第5発明によれば、比較工程は、基準情報と杭情報とを比較し、正常または異常を判断する。このため、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、回転杭の破損を防止することが可能となる。

[0023] 特に、第6、7発明によれば、回転杭は、第1発明～第5発明の何れかにおける回転杭の施工方法により、地盤の支持層まで貫入される。こ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で、破損を防止した状態で施工された複数の回転杭を含む杭群を製造、実現することが可能とな

る。

[0024] 第8発明、第9発明によれば、取得部は、地盤に対して回転杭を回転圧入中に計測された、回転杭の変動量を含む杭情報を取得する。また、表示部は、杭情報を表示する。即ち、回転杭の破損の要因となる変動量を、表示部を介して作業者が確認することができる。このため、作業者は、変動量に基づく回転杭の状態を推定することができる。これにより、回転杭の破損を防止することが可能となる。

[0025] 特に、第9発明によれば、生成部は、比較部において杭情報を異常と分類した場合、報知情報を生成する。このため、報知情報に基づき、表示部等にアラートを表示することで、作業に対して回転杭の破損する可能性が高まったことを知らせることができる。これにより、作業者は表示部等を介して杭情報を常に監視する必要が無く、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、回転杭の破損を防止することが可能となる。

[0026] 第10発明によれば、取得手段は、地盤に対して回転杭を回転圧入中に計測された、回転杭の変動量を含む杭情報を取得する。即ち、回転杭の破損の要因となる変動量を、表示部等を介して作業者や作業管理者等に知らせることができる。このため、作業者や作業管理者等は、変動量に基づく回転杭の状態を推定することができる。これにより、回転杭の破損を防止することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [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が支持層まで貫入された状態を示す断面図であり、(c) は、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2] 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3]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4]偏心量の例を示す斜視図である。

[図5]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の一例を示す上面図である。

[図6] (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 6 B - 6 B 線に沿った平面図である。

[図7] (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、制御工程の一例を示すフローチャートである。

[図8]回転杭に作用する回転トルクと、回転杭における応力集中部の解析結果との関係を示すグラフである。

[図9]偏心量と、回転トルクとの間の関係を示すグラフである。

[図10]偏心量、回転トルク、及び上載荷重関係を示すグラフである。

[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]本実施形態における回転杭の施工管理システムの変形例を示す模式図である。

[図13] (a) は、本実施形態における回転杭の施工管理装置の構成の一例を示す模式図であり、(b) は、本実施形態における回転杭の施工管理装置の機能の一例を示す模式図である。

[図14] (a) は、本実施形態における回転杭の施工管理システムの動作の一例を示すフローチャートであり、(b) は、比較手段および報知手段の一例を示すフローチャートである。

[図15]施工記録の一例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明を適用した回転杭の施工方法、回転杭、回転杭の施工管理装置（以下、施工管理装置）、及び回転杭の施工管理システム（以下、施工管理システム）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。

[0029] (回転杭の施工方法、回転杭 17、施工管理装置 6、施工管理システム 100)

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。

[0030] 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、例えば変動量計測機 1 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。

[0031] 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) と関連することを、発明者は見出した。回転杭 17 の偏心は、例えば図 1 (c) 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 が硬質地盤や障害物に接触すると大きくなる傾向を示す。このため、例えば図 1 (c) に示すように、回転杭 17 が偏心した状態で回転杭 17 の回転圧入を続けると、回転杭 17 に対して作用する付加曲げ力が増大し、回転杭 17 が破損する可能性が高まる。

[0032] 回転杭 17 の回転圧入中において、偏心量は、変動量に対して相関関係がある傾向を示す。このため、変動量を施工管理の条件に加えることで、回転杭 17 の偏心量を推定することができる。例えば、回転杭 17 の変動量が所

定値を超える場合、回転杭 17 が破損する可能性の高い偏心量に達したと判断することができる。このため、回転杭の施工方法では、回転杭 17 の変動量と回転杭の回転トルクを含む杭情報を計測し、予め設定した閾値に基づいて、回転トルクと偏心量の関係から杭体の正常又は異常を判断することで、作業者が回転杭 17 の状態を推定することができる。そして、杭体の正常又は異常の判断結果に基づいて、回転杭の回転トルクを低減、または回転杭を反転するように制御することで、回転杭 17 の破損を防止することが可能となる。

[0033] 例えば、回転杭 17 を回転圧入する前における回転杭 17 の初期設置位置（図 1（c）の二点鎖線）から、回転杭 17 が支持層 92 に達したときにおける回転杭 17 の位置（図 1（c）の一点鎖線）までの位置ずれの量を変動量として計測する場合、計測された変動量を、回転杭 17 の偏心量 e_1 として推定することができる。

[0034] 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、複数の鋼管が長手方向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。

[0035] 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 以上等の条件を満たす地盤を示す。

[0036] 本実施形態における回転杭の施工管理システム 100 は、例えば図 2 に示すように、施工管理装置 6 を備える。図 2 は、回転杭 17 の施工状態を示す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。

[0037] 施工管理システム１００は、回転杭１７の変動量を計測する変動量計測機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、および上載荷重計測機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ースボックス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。

[0038] <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３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。

[0039] 杭打ち機リーダー１０は、例えば図３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。

[0040] 変動量計測機１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１は、例えば回転杭１７までの距離を測定する。変動量計測機１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。

[0041] 変動量計測機 1 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 1 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。

[0042] なお、変動量計測機 1 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 1 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（傾き量）を変動量として計測する。

[0043] 例えば図 4 に示すように、回転杭 17 の初期設置位置を二点鎖線で示し、オーガーマシン 15 の回転軸を破線で示す場合、傾き量（変動量）に基づく偏心量 e_2 は、以下の式（1）で推定される。

$$e_2 = L_p \times \tan \theta_e \quad \cdots (1)$$

なお、 L_p ：回転杭 17 の杭頭部から先端までの距離、 θ_e ：オーガーマシン 15 の回転軸と、地盤 91 上に突出する回転杭 17 との相対的な傾き量である。

[0044] また、変動量計測機 1 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、位置ずれの量および傾き量を、変動量として計測する。また、例えば図 4 に示すように、変動量として位置ずれの量及び傾き量を計測した場合、偏心量 e は、各偏心量 e_1 、 e_2 に基づく以下の式（2）で推定されてもよい。

$$e = e_1 + e_2 \quad \cdots (2)$$

[0045] 回転角計測機 2 は、回転杭 17 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 2a と、金属片 2b 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 2a は、オーガーマシン 15 の有する非回転枠材 15b に設けられる。金属片 2b は、オーガーマシン 15 の有する本体部 15a における回転体 15c に複数（例えば 2～8箇所）設けられる。

- [0046] このような回転角計測センサでは、回転杭 17 と、回転体 15c が回転し、金属片 2b が非接触で磁気反応近接スイッチ 2a 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 2b 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 45 度毎にパルス信号が生成される。また、例えば金属片 2b 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 180 度毎にパルス信号が生成される。
- [0047] 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。
- [0048] 貫入量計測機 3 は、回転杭 17 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 3a と、エンコーダ 3b 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 3a は、オーガーマシン 15 に先端部を連結し、杭打ち機リーダー 10 の上端で折返して杭打ち機本体 13 に誘導して巻き取れるように設けられる。エンコーダ 3b は、杭打ち機本体 13 上に設けられ、ワイヤロープ 3a の移動量を回転杭 17 の貫入量として計測する。
- [0049] 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。
- [0050] 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、例えばオーガークラウド 4a 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クラウドの駆動電流によって計測することができる。
- [0051] 上載荷重計測機 5 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 5 として、例えばロードセル 5a が用いられる。ロードセル 5a 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 5a 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 5a を取り付け、2 つのロードセル 5a の計測データを加算して上載荷重とする。

[0052] 上載荷重計測機 5 として、上述したロードセル 5a 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。

[0053] <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 5 および図 6 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 5 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 6 は、ケーシングドライバー 21 の一例を示す模式図である。

[0054] この場合においても、施工管理システム 100 は、上述した図 2 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。

[0055] ケーシングドライバー 21 は、例えば図 5 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。

[0056] ケーシングドライバー 21 は、例えば図 6 (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。

[0057] 台座 26 は、支持板 41 上に設けられる。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。

- [0058] 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。
- [0059] 例えば図 1 (c) に示す偏心量 e_1 を推定する場合、支持板 41 の初期設置位置からの水平面における移動量を、変動量として計測してもよい。この場合、計測された変動量を偏心量 e_1 として推定することができる。また、偏心量 e_2 を推定する場合、ケーシングドライバー 21 の回転軸と、地盤 91 上に突出する回転杭 17 との相対的な傾き量を、変動量として計測してもよい。この場合、偏心量 e_2 は、上述した式 (1) で推定される。上記に加え、上述した式 (2) を用いて偏心量 e が推定されてもよい。
- [0060] 変動量計測機 1 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 1 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。
- [0061] 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。なお、図 1 (c) は、回転杭 17 の傾斜（ケーシングドライバー 21 と回転杭 17 との相対的な傾き量）がゼロである状態を示しているが、図 1 (a) の状態から図 1 (c) の状態に至る過程において、回転杭 17 の傾斜が生じる場合がある。
- [0062] 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 1 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、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。

[0063] 変動量計測機1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41に対して離間した地盤91上（例えば図6（a）の変動量計測機1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17の変動量を計測することができる。

[0064] 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。

[0065] 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オ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。

[0066] 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。

[0067] 上載荷重計測機5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。

[0068] （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7を参照して説明する。図7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。

[0069] 本実施形態における回転杭の施工方法は、回転圧入工程S100と、計測

工程 S 1 1 0 と、制御工程 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 および制御工程 S 1 2 0 を適宜繰り返し実施する。

[0070] <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。

[0071] <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 の変動量を含む杭情報を計測する。杭情報は、回転杭 1 7 の変動量のほか、例えば回転杭 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 の上載荷重の少なくとも何れかを含んでもよい。

[0072] 杭情報を計測する周期は、例えば 1 秒以上 6 0 秒以下の所定の値であり、施工条件等に応じて任意に設定される。杭情報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、杭情報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。

[0073] 計測工程 S 1 1 0 では、例えば変動量計測機 1 を用いて、回転杭 1 7 から変動量を計測するが、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。計測工程 S 1 1 0 では、例えば回転杭 1 7 の初期設定位置からの水平面における移動量、およびケーシングドライバー 2 1 と回転杭 1 7 との相対的な傾き量の少なくとも一方を変動量として計測する。なお、計測工程 S 1 1 0 では、例えば上述した式 (1) 又は式 (2) を参照し、変動量に基づき算出された偏心量 e 、 e_1 、 e_2 の何れかを、杭情報として取得してもよい。

[0074] 計測工程 S 1 1 0 では、変動量計測機 1 を用いて変動量が計測されるほか、例えば定規、ゲージ等の計測工具を用いて変動量が計測されてもよい。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 17 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。

[0075] 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 1 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 1 を用いて、作業者が測定し、回転杭 17 の変動量を計測してもよい。

[0076] 計測工程 S 1 1 0 では、回転杭 17 の回転角、回転杭 17 の貫入量、回転杭 17 の回転トルク、および回転杭 17 の上載荷重のそれぞれは、例えば上述した回転角計測機 2、貫入量計測機 3、回転トルク計測機 4、および上載荷重計測機 5 を用いて計測される。

[0077] <制御工程 S 1 2 0>

次に、制御工程 S 1 2 0 は、杭情報に基づき、回転杭 17 の回転圧入の条件を制御する。制御工程 S 1 2 0 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 を回転圧入する条件を設定する。基準杭情報は、例えば杭情報に含まれる変動量等に対する閾値や許容範囲等の管理値を示す。

[0078] 制御工程 S 1 2 0 では、例えば計測工程 S 1 1 0 で計測された変動量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。基準杭情報の詳細については、後述する。

[0079] そして、S 1 0 0 ~ S 1 2 0 の工程を実施し、所定の深度まで回転杭 17 を貫入させることにより、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 7 (a) に示すように、制御工程 S 1 2 0 を実施したあと、計測工程 S 1 1 0 を再び実施することで、任意の地盤 9 1 の深さに応じた回転杭 17 の貫入を実現することができる。

[0080] なお、制御工程 S 1 2 0 は、比較工程 S 1 2 1 を有する。比較工程 S 1 2 1 では、予め設定した閾値に基づいて、回転トルクと偏心量の関係から杭体の正常又は異常を判断する。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杭情報との比較が実行され、杭情報を正常または異常に分類した結果がモニタ画面 6 b 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、異常の場合には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、例えば作業者が基準杭情報と、杭情報とを比較してもよい。

[0081] 表示された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 1 7 の回転トルクを低減、または回転杭を反転する制御した上で計測工程 S 1 1 0 を実施、または施工を終了する。上記のほか、例えば制御工程 S 1 2 0 は、比較した結果から異常と判断した場合、回転杭 1 7 の状態を確認する確認工程 S 1 2 2 を有してもよい。確認工程 S 1 2 2 では、例えば回転杭 1 7 の回転を停止した上で、回転杭 1 7 の状態を確認する。

[0082] <基準杭情報>

次に、基準杭情報の一例について、図 8 ～図 1 1 を参照して説明する。

[0083] 基準杭情報は、例えば図 8 に示すように、回転トルクと、回転杭 1 7 における応力集中部の解析結果との関係に基づいて設定することができる。なお、図 8 では、一例として純ねじり（サンプナンねじり）をモデルとした回転杭 1 7 本体のせん断応力度の算出結果のグラフを用いているが、例えば曲げねじり（反りねじり）をモデルとした場合においても、同様に用いることができる。また、図 8 の算出に用いた回転杭 1 7 の条件は、杭径が 8 0 0 mm、羽根径が 1 2 0 0 mm、板厚が 1 1 mm であり、施工内容に応じて任意に条件を設定した上で、算出結果に基づく基準杭情報を設定できる。

[0084] 例えば基準杭情報は、応力集中部の解析結果に基づき、規格降伏点に対する回転トルクの上限值（第 1 上限値 T 1）を用いて設定してもよい。なお、T 1 は、後述の T 2 および T 3 とは異なり、軸力および付加曲げによるねじり耐力を考慮しないものである。

[0085] また、基準杭情報は、例えば上載荷重の値を考慮した回転トルクの上限值（第2上限値 T_2 ）を用いて設定してもよい。この場合、軸力によるねじり耐力を考慮した規格降伏点がいられ、第2上限値 T_2 は、第1上限値 T_1 よりも小さく設定される（ T_1 と T_2 との差分が軸力によるねじり耐力に相当する）。すなわち、軸力によるねじり耐力を考慮した条件により、施工を実施することができる。

[0086] さらに、基準杭情報は、例えば変動量および上載荷重の値を考慮したトルクの上限值（第3上限値 T_3 ）を用いて設定してもよい。この場合、軸力および付加曲げによるねじり耐力を考慮した規格降伏点がいられ、第3上限値 T_3 は、第2上限値 T_2 よりも小さく設定される（ T_2 と T_3 との差分が付加曲げによるねじり耐力に相当する）。すなわち、軸力および付加曲げによるねじり耐力を考慮した条件により、施工を実施することができ、回転杭の破損をより確実に防止することができる。そのため、 T_1 、 T_2 、および T_3 のうち、 T_3 を用いて基準杭情報を設定することが最も好ましい。

[0087] ここで、上記の変動量および上載荷重の値を考慮した第3上限値 T_3 を用いて基準杭情報を設定し、この基準杭情報を用いた比較工程S121について具体的に説明する。上記第3上限値 T_3 を、回転トルク T_e とすると、回転トルク T_e は以下の式（3）で表される。

$$T_e = Z_p \times [\sqrt{\{(T/Z_p)^2 + (\Delta M/Z)^2\}} + N/A] \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

なお、 T ：回転トルク、 Z_p ：回転杭本体の極断面係数、 ΔM ：付加曲げモーメント、 Z ：回転杭本体の断面係数、 N ：軸力、 A ：回転杭本体の断面積である。

また、付加曲げモーメント ΔM は、以下の式（4）で表される。

$$\Delta M = T/D_p \times e \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

なお、 D_p ：杭径、 e ：偏心量である。

[0088] これらの式を用いて、例えば図9に示すような、回転杭の杭体耐力に基づく、軸力に応じた、回転トルク、及び偏心量の制限値を設定する。そして、

比較工程 S 1 2 1 において、計測工程 S 1 1 0 で計測された変動量により推定される偏心量、及び回転トルクから、杭体の正常又は異常を判定する。

[0089] たとえば、軸力が 1 2 0 k N の場合、回転トルクと偏心量が図 9 の (a) で示す範囲内にあれば「正常」と判定し、範囲外であれば「異常」と判定する。そして、「異常」と判定された場合、回転トルクの低減、又は回転を反転するように回転圧入条件を制御する。この操作により地盤と杭との関係が変化するため、その結果、回転トルクや偏心量を低下させることができる。回転トルクや偏心量が低下し、図 9 の「正常」の範囲となったら、再び正回転で貫入する。正回転で貫入した後に、回転トルクや偏心量の関係が「異常」の範囲に向かう場合は、適宜、回転トルクの低減、又は回転を反転する操作を繰り返してもよい。あるいは、一度回転を停止して、状況を判断して対応を検討してもよい。

[0090] 図 9 に示すように、回転トルクが小さい場合は、偏心量が比較的大きい範囲まで「正常」としてそのまま回転杭の圧入を続けることができる。また、偏心量が小さい場合には、回転トルクが比較的大きい範囲まで「正常」としてそのまま回転杭の圧入を続けることができる。このように、回転トルクと偏心量の関係から回転圧入条件を制御することによって、回転杭を破損することを防止でき、また、不必要に安全な条件となることもなく、作業効率が低下することを抑えられる。

[0091] 予め設定する閾値には、たとえば、さらに、上載荷重を加えてもよい。この場合、図 1 0 のような、偏心量、回転トルク、及び上載荷重の 3 軸のグラフで、偏心量、回転トルク、及び上載荷重の関係から、杭体の正常、異常を判断する。偏心量、回転トルクに加え、さらに、上載荷重も判断の基準に加え、3 つの量の関係から正常、異常を判断することで、より高度な判断ができるようになり、回転杭の破損防止、作業効率の低下の防止をより高度に図ることができる。

[0092] たとえば、軸力が 1 2 0 k N の場合、回転トルク、偏心量、及び上載荷重が、図 1 0 の「正常」で示す範囲（閾値である面の下側）にあれば「正常」

と判定し、範囲外（閾値である面の上側）であれば「異常」と判定する。そして、「異常」と判定された場合、回転トルクの低減、回転を停止若しくは反転、又は上載荷重を低減するように回転圧入条件を制御する。図10に示すように、たとえば、回転トルクが小さい場合は、偏心量や上載荷重が比較的大きい範囲まで「正常」としてそのまま回転杭の圧入を続けることができる。また、偏心量が小さい場合には、回転トルクや上載荷重が比較的大きい範囲まで「正常」としてそのまま回転杭の圧入を続けることができる。また、上載荷重が小さい場合には、回転トルクや偏心量が比較的大きい範囲まで「正常」としてそのまま回転杭の圧入を続けることができる。このように、回転トルク、偏心量、及び上載荷重の関係から回転圧入条件を制御することによって、回転杭を破損することを防止でき、また、不必要に安全な条件となることもなく、作業効率が低下することを抑えられる。

[0093] 上記のほか、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、1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。

[0094] 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を乱さずに、効率よく施工を実施することが可能となる。

[0095] （施工管理システム100の変形例）

次に、本実施形態における施工管理システム１００の変形例について、図１２を参照して説明する。

[0096] 上述した施工管理システム１００と、変形例との違いは、施工管理装置６が管理装置１０１等と通信できる点である。なお、上述した施工管理システム１００と同様の構成については、説明を省略する。

[0097] 施工管理システム１００では、通信回線１０２を介して、施工管理装置６が、管理装置１０１と接続され、例えばサーバ１０３と接続されてもよい。

[0098] 管理装置１０１は、例えば施工現場から離れた場所に設けられ、例えば通信回線１０２を介して複数の施工管理装置６と接続されてもよい。管理装置１０１は、例えばパーソナルコンピュータ（ＰＣ）、タブレット端末、またはスマートフォン等の電子機器が用いられる。管理装置１０１は、例えば通信回線１０２を介して、インターフェースボックス８や各種計測機１～５と接続されてもよい。

[0099] 通信回線１０２は、施工管理装置６が通信回路を介して接続されるインターネット網等である。通信回線１０２は、いわゆる光ファイバケーブル等を用いた光ファイバ通信で構成されてもよい。なお、通信回線１０２は、有線や無線等の公知の技術により実現してもよい。

[0100] サーバ１０３には、例えば計測された杭情報等の各種情報が記憶される。サーバ１０３を用いることで、過去の膨大な各種データを容易に蓄積することができる。

[0101] （施工管理装置６の一例）

次に、本実施形態における施工管理装置６の一例について、図１３を参照して説明する。なお、上述した管理装置１０１が、施工管理装置６の少なくとも一部と同様の構成を備えてもよい。

[0102] 図１３（ａ）は、施工管理装置６の構成の一例を示す模式図である。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、筐体６００と、ＣＰＵ（Central Processing Unit）６０１と、ＲＯＭ（Read Only Memory）６０２と、ＲＡＭ（Random Access Memory

）６０３と、保存部６０４と、Ｉ／Ｆ６０５～６０８とを備える。各構成６０１～６０８は、内部バス６１０により接続される。

[0103] CPU 601 は、施工管理装置 6 全体を制御する。ROM 602 は、CPU 601 の動作コードを格納する。RAM 603 は、CPU 601 の動作時に使用される作業領域である。

[0104] 保存部 604 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 604 には、例えば予め基準杭情報が保存される。保存部 604 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。

[0105] I/F 605 は、インターフェースボックス 8 との各種情報を送受信するためのインターフェースである。I/F 606 は、キーボード 6a から入力された情報を受信するためのインターフェースである。作業者は、キーボード 6a 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。I/F 607 は、モニタ画面 6b (表示部) に各種情報を送信するためのインターフェースである。作業者は、モニタ画面 6b を介して、各種情報を認識することができる。モニタ画面 6b として、例えば液晶ディスプレイが用いられる。I/F 608 は、プリンタ 6c や通信回線 102 との各種情報を送受信するためのインターフェースである。

[0106] 図 13 (b) は、施工管理装置 6 の機能の一例を示す模式図である。施工管理装置 6 は、取得部 611 と、記憶部 612 と、出力部 613 とを備え、例えば比較部 614 と、生成部 615 とを備えてもよい。なお、図 13 (b) に示した各機能は、CPU 601 が、RAM 603 を作業領域として、保存部 604 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。

[0107] <取得部 611>

取得部 611 は、変動量を含む杭情報を取得する。取得部 611 は、インターフェースボックス 8 を介して、変動量計測機 1 により計測された変動量を取得する。取得部 611 は、例えば変動量計測機 1 により測定された距離等の値を取得し、取得した値と、予め取得された初期値との差分を算出する

ことで、変動量を取得してもよい。

[0108] 取得部 611 は、変動量に加えて、例えばインターフェースボックス 8 を介して、各種計測機 2～5 により計測された回転杭 17 の回転角、回転杭 17 の貫入量、回転杭 17 の回転トルク、および回転杭 17 の上載荷重の少なくとも何れかを含んだ杭情報を取得してもよい。取得部 611 は、例えばデータ入力部 9 またはキーボード 6a により取得された N 値のデータを取得してもよい。

[0109] 取得部 611 は、例えば上述した式 (1)、式 (2) を参照し、計測された回転杭 17 の変動量から推定される偏心量を算出し、杭情報に含ませてもよい。この場合、例えば比較部 614 等において、図 9 に示した閾値 e_t と、算出した偏心量とを容易に比較することができる。

[0110] <記憶部 612>

記憶部 612 は、取得部 611 で取得された各種情報を、保存部 604 に保存し、必要に応じて保存部 604 から各種情報を取出す。記憶部 612 は、例えば予め取得された基準杭情報等を保存部 604 に保存する。

[0111] <出力部 613>

出力部 613 は、モニタ画面 6b や管理装置 101 等に対して、杭情報等の各種情報を出力する。出力部 613 は、例えば保存部 604 に蓄積された複数の杭情報を、経時毎または地盤 91 の深度毎に対応させた施工記録を生成し、施工記録をモニタ画面 6b 等に出力する。これにより、例えば図 15 に示すようなグラフ状の施工記録を、モニタ画面 6b に表示することができる。図 15 のグラフは、地盤 91 の N 値、回転杭 17 の回転トルク、回転杭 17 の貫入量、および回転杭 17 の上載荷重のそれぞれが、地盤 91 の深度毎にプロットされた施工記録の一例を示す。出力部 613 は、例えば複数の杭情報のうち、一部の杭情報のみを用いて施工記録を生成してもよい。出力部 613 は、例えば必要に応じて、回転角と、貫入量とを用いて、1 回転当りの貫入量を算出する。なお、例えば変動量、または算出された偏心量が、施工記録として生成され、モニタ画面 6b に出力されてもよい。

[0112] <比較部 6 1 4>

比較部 6 1 4 は、基準杭情報と、杭情報とを比較し、杭情報を正常または異常に分類するほか、多段階（例えば 5 ～ 1 0 段階）に分類してもよい。比較部 6 1 4 は、1 つの杭情報と基準杭情報とを比較するほか、例えば周期的に取得された複数の杭情報（例えば施工記録）と、基準杭情報とを比較してもよい。この場合、比較対象として、複数の杭情報の最大、最小、平均、分散等の演算結果が用いられてもよい。

[0113] <生成部 6 1 5>

生成部 6 1 5 は、比較部 6 1 4 が杭情報を異常と分類した場合、作業者に異常を報知する報知情報を生成する。生成部 6 1 5 は、出力部 6 1 3 を介して、生成した報知情報をモニタ画面 6 b に出力する。これにより、モニタ画面 6 b に報知情報が表示され、作業者へ施工の異常等を報知することができる。

[0114] （施工管理システム 1 0 0 の動作の一例）

次に、本実施形態における施工管理システム 1 0 0 の動作の一例について、図 1 4 を参照して説明する。図 1 4 は、本実施形態における施工管理システム 1 0 0 の動作の一例を示すフローチャートである。

[0115] 本実施形態における施工管理システム 1 0 0 は、取得手段 S 2 2 0 と、出力手段 S 2 3 0 とを備え、例えば取得手段 S 2 2 0 の前に実行する計測手段 S 2 1 0 を備えてもよい。なお、施工管理システム 1 0 0 は、上述した回転杭の施工方法に利用されるため、共通する内容については、適宜説明を省略する。

[0116] <計測手段 S 2 1 0>

計測手段 S 2 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 の変動量を含む杭情報を計測する。変動量計測機 1 は、回転杭 1 7 の回転圧入中における任意の周期で、回転杭 1 7 または支持板 4 1 の距離等を測定し、変動量を計測する。

[0117] 計測手段 S 2 1 0 では、例えば回転杭 1 7 を回転圧入中に、回転杭 1 7 の

回転角、回転杭 17 の貫入量、回転杭 17 の回転トルク、および回転杭 17 の上載荷重の少なくとも何れかを計測してもよい。この場合、回転角計測機 2 が回転杭 17 の回転角を計測し、貫入量計測機 3 が回転杭 17 の貫入量を計測し、回転トルク計測機 4 が回転杭 17 の回転トルクを計測し、上載荷重計測機 5 が回転杭 17 の上載荷重を計測する。各計測は、例えば変動量の計測と同じタイミングにより実行されるほか、変動とは異なるタイミングにより実行されてもよい。

[0118] <取得手段 S 2 2 0>

取得手段 S 2 2 0 は、回転杭 17 の変動量を含む杭情報を取得する。施工管理装置 6 の取得部 6 1 1 は、インターフェースボックス 8 および I / F 6 0 5 を介して、変動量計測機 1 により計測された変動量を取得する。

[0119] 取得部 6 1 1 は、例えばインターフェースボックス 8 および I / F 6 0 5 を介して、各計測機 2 ~ 5 により計測された回転杭 17 の回転角、回転杭 17 の貫入量、回転杭 17 の回転トルク、および回転杭 17 の上載荷重の少なくとも何れかを取得してもよい。取得部 6 1 1 は、上述した変動量等が含まれたデータを杭情報として取得し、例えば記憶部 6 1 2 を介して、杭情報を保存部 6 0 4 に保存する。これにより、保存部 6 0 4 には、周期的に取得された杭情報が蓄積される。なお、取得部 6 1 1 は、例えば上述した式 (1)、式 (2) を参照し、取得した回転杭 17 の変動量から推定される偏心量を算出し、杭情報に含ませてもよい。

[0120] <出力手段 S 2 3 0>

出力手段 S 2 3 0 は、杭情報をモニタ画面 6 b に出力する。出力部 6 1 3 は、例えば記憶部 6 1 2 を介して、蓄積された杭情報を保存部 6 0 4 から取出す。出力部 6 1 3 は、I / F 6 0 7 を介して、杭情報をモニタ画面 6 b に出力する。これにより、モニタ画面 6 b には、杭情報が表示され、杭情報を作業者が確認できる。

[0121] 出力部 6 1 3 は、例えば施工記録を生成し、モニタ画面 6 b に出力してもよい。この場合、経時や深度のレンジおよびピッチ等の表示条件については

、例えばキーボード6 aを介して作業者が設定することができ、施工状況に応じて適宜設定できる。例えば、各計測機1～5が1秒毎にデータを取得し、取得部6 1 1が1秒毎の杭情報を取得した場合、出力部6 1 3は、1秒毎に蓄積された杭情報を出力するほか、例えば10秒毎や1 m毎の深度等に対する杭情報を示す施工記録を生成し、出力してもよい。

[0122] 出力部6 1 3は、例えばI/F 6 0 8および通信回線1 0 2を介して、管理装置1 0 1またはサーバ1 0 3に杭情報を出力してもよい。この場合、出力部6 1 3は、取得部6 1 1が杭情報を取得する度に出力するほか、設定された任意の期間に蓄積された杭情報を一度に出力してもよい。

[0123] これにより、本実施形態における施工管理システム1 0 0の動作が終了する。なお、図1 4 (a)に示すように、取得手段S 2 2 0または出力手段S 2 3 0を実行したあと、計測手段S 2 1 0を再び実行することで、回転杭1 7の回転圧入中における回転杭1 7の状態をモニタリングすることができる。

[0124] なお、施工管理システム1 0 0は、例えば図1 4 (b)に示すように、比較手段S 2 4 0、および報知手段S 2 5 0の少なくとも何れかを備えてもよい。比較手段S 2 4 0において、比較部6 1 4は、基準杭情報と、杭情報とを比較する。比較する方法として、例えば基準杭情報の値と、杭情報の値との大小を比較する等の公知技術を用いて実行できる。例えば比較部6 1 4は、杭情報の値が基準杭情報の値以下の場合に正常と分類し、杭情報の値が基準杭情報の値を超えた場合に異常と分類する。なお、分類基準については任意に設定できる。

[0125] 比較した結果、杭情報が正常と分類された場合、計測手段S 2 1 0、もしくは出力手段S 2 3 0を実行、または動作を終了する。他方、杭情報が異常と分類された場合、報知手段S 2 5 0を実行する。報知手段S 2 5 0において、生成部6 1 5は、作業者に異常を報知する報知情報を生成する。生成部6 1 5は、出力部6 1 3およびI/F 6 0 7を介して、報知情報をモニタ画面6 bに出力するほか、例えば出力部6 1 3、I/F 6 0 8および通信回線

102を介して、報知情報を管理装置101に出力してもよい。

[0126] 報知情報として、例えばモニタ画面6bに異常を表示させるための情報が含まれるほか、音を発するための情報が含まれてもよい。これにより、作業者に異常を円滑に報知することができる。

[0127] 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S110は、地盤91に対して回転杭17を回転圧入中に、回転杭17の変動量を含む杭情報を計測する。このため、作業者は、変動量に基づき、回転圧入中の回転杭17の状態を推定することができる。これにより、回転杭17の破損を防止することが可能となる。

[0128] 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S110は、回転杭17の初期設定位置からの水平面における移動量、およびケーシングドライバー21と回転杭17との相対的な傾き量の少なくとも一方を変動量として計測する。このため、従来の施工方法から大幅な変更をせずに、変動量を計測することができる。これにより、変動量を容易に計測することが可能となる。

[0129] 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S110は、支持板41の位置ずれの量を、変動量として計測する。このため、回転杭17の変動量を直接計測する場合に比べて、回転杭17の回転に伴う計測値のばらつきを抑制することができる。これにより、変動量を高精度に計測することが可能となる。

[0130] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、杭情報は、回転杭17の貫入量、回転杭17の回転トルク、および回転杭17の上載荷重の少なくとも何れかを含む。このため、作業者は、回転杭17の変動量と、回転圧入条件とを組み合わせる上で、回転杭17の状態を推定することができる。これにより、多角的な視点に基づく回転杭17の破損を防止することが可能となる。

[0131] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、比較工程S121は、基準情報と杭情報とを比較し、正常または異常を判断する。このため、

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 17 の破損を防止することが可能となる。

[0132] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、比較工程 S 1 2 1 は、回転トルク T_e と偏心量の関係から予め設定した閾値 e_t に基づいて、正常または異常を判断する。このため、施工状況に伴い最適な閾値を利用した判断をすることができる。これにより、施工状況の変化に応じた回転杭の破損防止を実現することが可能となる。

[0133] また、本実施形態における回転杭の施工方法によれば、制御工程 S 1 2 0 は、回転トルク T_e と偏心量の関係から予め設定した閾値 e_t に基づいて、回転杭 17 の回転トルクを低減、または反転するように制御する。このため、回転杭 17 の異常が発生する前に、回転杭 17 の回転圧入の条件を制御することができる。これにより、回転杭 17 の破損する可能性を抑制して施工を進めることができる。

[0134] 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 9 1 の支持層 9 2 まで貫入される。このため、破損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。

[0135] 本実施形態における回転杭の施工管理装置 6 によれば、取得部 6 1 1 は、地盤 9 1 に対して回転杭 17 を回転圧入中に計測された、回転杭 17 の変動量を含む杭情報を取得する。また、表示部（モニタ画面 6 b）は、杭情報を表示する。即ち、回転杭 17 の破損の要因となる変動量を、モニタ画面 6 b を介して作業者が確認することができる。このため、作業者は、変動量に基づく回転杭 17 の状態を推定することができる。これにより、回転杭 17 の破損を防止することが可能となる。

[0136] また、本実施形態における回転杭の施工管理装置 6 によれば、生成部 6 1 5 は、比較部 6 1 4 において杭情報を異常と分類した場合、報知情報を生成する。このため、報知情報に基づき、モニタ画面 6 b 等にアラートを表示することで、作業者に対して回転杭 17 の破損する可能性が高まったことを知

らせることができる。これにより、作業者はモニタ画面 6 b 等を介して杭情報を常に監視する必要が無く、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 17 の破損を防止することが可能となる。

[0137] 本実施形態における回転杭の施工管理システム 100 によれば、取得手段 S220 は、地盤 91 に対して回転杭 17 を回転圧入中に計測された、回転杭 17 の変動量を含む杭情報を取得する。即ち、回転杭 17 の破損の要因となる変動量を、表示部（モニタ画面 6 b）等を介して作業者や作業管理者等に知らせることができる。このため、作業者や作業管理者等は、変動量に基づく回転杭 17 の状態を推定することができる。これにより、回転杭 17 の破損を防止することが可能となる。

[0138] 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

- [0139] 1 : 変動量計測機
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 : 上載荷重計測機
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
- 1 0 : 杭打ち機リーダー
- 1 1 : 無限軌道体
- 1 2 : 旋回支持台
- 1 3 : 杭打ち機本体
- 1 4 : 傾斜支持アーム
- 1 5 : オーガーマシン
- 1 5 a : 本体部
- 1 5 b : 非回転枠材
- 1 5 c : 回転体
- 1 6 : らせん羽根
- 1 7 : 回転杭
- 1 9 : 運転室
- 2 1 : ケーシングドライバー
- 2 1 a : クローラークレーン
- 2 1 b : 反力バー
- 2 2 : 旋回リング
- 2 3 : 油圧モーター
- 2 4 : 圧入用油圧ジャッキ
- 2 4 a : シリンダー
- 2 5 : 把持部
- 2 6 : 台座

2 7	: 非回転枠材
2 8	: 歯車機構
2 9	: 軸受け機構
3 0	: ハンドル
4 1	: 支持板
9 1	: 地盤
9 2	: 支持層
1 0 0	: 施工管理システム
1 0 1	: 管理装置
1 0 2	: 通信回線
1 0 3	: サーバ
6 0 0	: 筐体
6 0 1	: C P U
6 0 2	: R O M
6 0 3	: R A M
6 0 4	: 保存部
6 0 5	: I / F
6 0 6	: I / F
6 0 7	: I / F
6 0 8	: I / F
6 1 0	: 内部バス
6 1 1	: 取得部
6 1 2	: 記憶部
6 1 3	: 出力部
6 1 4	: 比較部
6 1 5	: 生成部
S 1 0 0	: 回転圧入工程
S 1 1 0	: 計測工程

S 1 2 0 : 制御工程
S 1 2 1 : 比較工程
S 1 2 2 : 確認工程
S 2 1 0 : 計測手段
S 2 2 0 : 取得手段
S 2 3 0 : 出力手段
S 2 4 0 : 比較手段
S 2 5 0 : 報知手段
X : 杭軸直交方向
W : 杭周方向
Z : 杭軸方向