(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6496540号
(P6496540)

(45)発行日　平成31年4月3日(2019.4.3)　(24)登録日　平成31年3月15日(2019.3.15)

(51)Int.Cl.		F I		
E21B 47/022	(2012.01)	E21B	47/022	
E21B 47/04	(2012.01)	E21B	47/04	
E02D 7/00	(2006.01)	E02D	7/00	Z
G01C 9/00	(2006.01)	G01C	9/00	B

請求項の数 4　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2014-252729(P2014-252729)
(22)出願日　平成26年12月15日(2014.12.15)
(65)公開番号　特開2016-113806(P2016-113806A)
(43)公開日　平成28年6月23日(2016.6.23)
審査請求日　平成29年11月16日(2017.11.16)

特許法第３０条第２項適用　第６９回年次学術講演会講演概要集　土木学会認定ＣＰＤプログラム　土木学会全国大会ｉｎ大阪〔平成２６年度〕のＤＶＤ－ＲＯＭ、第６部門　ＶＩ－２９８　第５９５頁～第５９６頁、公益社団法人土木学会

(73)特許権者　000140292
株式会社奥村組
大阪府大阪市阿倍野区松崎町２丁目２番２号
(74)代理人　100094042
弁理士　鈴木　知
(72)発明者　森田　修二
大阪府大阪市阿倍野区松崎町二丁目２番２号　株式会社奥村組内

審査官　西田　光宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】掘削孔形状の推定方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
オーガを地中に貫入して掘削孔を形成するに際し、
上記オーガを地表面位置から地中に向かって貫入する貫入作業を、単位作業量毎に複数回に分け、
上記貫入作業の上記単位作業量が完了する度に、単位作業量当たりの上記オーガの、上記地表面位置から地中への貫入量と、該地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線に対し該オーガがなす傾斜角とを測定する測定作業を行い、
上記各測定作業で得られる上記貫入量及び上記傾斜角を用いて、複数回の上記単位作業量完了時それぞれにおける、上記地表面位置における上記掘削孔に対する上記オーガの水平方向ずれ量を算定し、
算定された上記水平方向ずれ量を、上記測定作業順に順次積算して、上記掘削孔の形状を推定することを特徴とする掘削孔形状の推定方法。
【請求項２】
前記測定作業では、前記地表面位置から上方に突出されている前記オーガの画像が撮影手段で撮影され、該撮影手段から出力された上記オーガの画像がモニターを制御する演算装置に入力されて、
該演算装置により、上記オーガの画像を上記モニターに表示する処理、該オーガの前記地表面位置における地中への貫入方向に沿う補助線を生成する処理、該地表面位置における前記掘削孔を経過する前記鉛直線を生成する処理、該鉛直線と該補助線の双方を該モニ

ターに表示する処理、並びに該鉛直線に対する該補助線の傾き角度から前記傾斜角を演算し出力する処理が実行されることを特徴とする請求項１に記載の掘削孔形状の推定方法。
【請求項３】
前記傾斜角の測定作業は、前記オーガを取り囲む周囲の複数の方向から行われることを特徴とする請求項１または２記載の掘削孔形状の推定方法。
【請求項４】
前記単位作業量は、単位時間当たりもしくは前記オーガの単位長さ当たりの作業量であることを特徴とする請求項１～３いずれかの項に記載の掘削孔形状の推定方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、特殊なオーガを使用することなく、通常のオーガを用いて、地上における測定作業を行うことのみで、オーガによって形成される掘削孔の形状を、安価にかつ簡単な運用で、信頼性のある推定を行うことが可能な掘削孔形状の推定方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
杭などの施工において、掘削孔（杭孔）は、杭打設機等の掘削機に備えた単軸のオーガを回転駆動し、当該オーガを地中に貫入していくことで形成される。掘削孔は、例えば鉛直に真っ直ぐに形成することが必要であるが、実際には孔曲がりが生じてしまう。掘削孔の地中における孔曲がりは、地層分布や地盤の硬軟に影響されると共に、地表面に設置された掘削機の鉛直精度によっても孔曲がりは生じ、そしてまた、この孔曲がりが地表面位置におけるオーガの傾きに反映することが考えられる。掘削孔に打設される杭については、このような実情を踏まえて、設計上の杭の杭芯位置と実際の杭の杭芯位置のずれは１００ｍｍ以下、杭の傾斜角（杭下端の中心と杭頭の中心とのずれを杭長で割った値）は杭長の１／１００（無次元数）以下であることが求められている。
【０００３】
オーガによって形成される掘削孔の作成状態を計測する技術として、特許文献１が知られている。特許文献１の「オーガボーリングによる掘削孔の変位量計測方法」は、複数本のオーガロッドを接続して地中を掘削するオーガボーリングであって、地上にて掘削基準点のＸ－Ｙ座標を設定し、各オーガロッドの長さ方向中間位置に設置した傾斜計により、鉛直方向に対する各オーガロッドの傾斜量を計測するとともに、深度検出器により計測した掘削孔深度によりオーガロッドの地中埋没長を算出し、上記各傾斜量と上記地中埋没長及び予め計測した各オーガロッド長とにより各オーガロッドの変位量を求め、これをＸ，Ｙ成分毎に累計し、上記掘削基準点に対するオーガロッドの回転角度をもとに上記累計したＸ，Ｙ成分を座標交換して前記掘削基準点に対する先端オーガロッドの変位座標を算出するようにしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特公平７－８８７４４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
特許文献１では、傾斜計を設置した特殊なオーガロッドを施工本数分準備する必要があって、コストアップになってしまう。また、各オーガロッドの傾斜計からの傾斜量の信号を地上で取得しなければならず、そのための電気回路が必要であったり、そしてまた、掘削孔の施工という環境下での電気回路の信頼性が求められるなど、変位量計測方法を容易に運用することが難しいと考えられる。
【０００６】
本発明は上記従来の課題に鑑みて創案されたものであって、特殊なオーガを使用するこ

となく、通常のオーガを用いて、地上における測定作業を行うことのみで、オーガによって形成される掘削孔の形状を、安価にかつ簡単な運用で、信頼性のある推定を行うことが可能な掘削孔形状の推定方法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】

【０００７】

本発明にかかる掘削孔形状の推定方法は、オーガを地中に貫入して掘削孔を形成するに際し、上記オーガを地表面位置から地中に向かって貫入する貫入作業を、単位作業量毎に複数回に分け、上記貫入作業の上記単位作業量が完了する度に、単位作業量当たりの上記オーガの、上記地表面位置から地中への貫入量と、該地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線に対し該オーガがなす傾斜角とを測定する測定作業を行い、上記各測定作業で得られる上記貫入量及び上記傾斜角を用いて、複数回の上記単位作業量完了時それぞれにおける、上記地表面位置における上記掘削孔に対する上記オーガの水平方向ずれ量を算定し、算定された上記水平方向ずれ量を、上記測定作業順に順次積算して、上記掘削孔の形状を推定することを特徴とする。

【０００８】

前記測定作業では、前記地表面位置から上方に突出されている前記オーガの画像が撮影手段で撮影され、該撮影手段から出力された上記オーガの画像がモニターを制御する演算装置に入力されて、該演算装置により、上記オーガの画像を上記モニターに表示する処理、該オーガの前記地表面位置における地中への貫入方向に沿う補助線を生成する処理、該地表面位置における前記掘削孔を経過する前記鉛直線を生成する処理、該鉛直線と該補助線の双方を該モニターに表示する処理、並びに該鉛直線に対する該補助線の傾き角度から前記傾斜角を演算し出力する処理が実行されることを特徴とする。

【０００９】

前記傾斜角の測定作業は、前記オーガを取り囲む周囲の複数の方向から行われることを特徴とする。

【００１０】

前記単位作業量は、単位時間当たりもしくは前記オーガの単位長さ当たりの作業量であることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

本発明にかかる掘削孔形状の推定方法にあっては、特殊なオーガを使用することなく、通常のオーガを用いて、地上における測定作業を行うことのみで、オーガによって形成される掘削孔の形状を、安価にかつ簡単な運用で、信頼性のある推定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明に係る掘削孔形状の推定方法の好適な一実施形態を示す、実施状況を説明する説明図である。

【図２】図１に示した掘削孔形状の推定方法により、オーガで掘削される掘削孔の推定形状の最初の様子を説明する説明図である。

【図３】図２に示した掘削孔の推定形状の、その後の様子を説明する説明図である。

【図４】図３に示した掘削孔の推定形状の、さらにその後の様子を説明する説明図である。

【図５】本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法におけるオーガの水平方向ずれ量の算定を説明する説明図である。

【図６】本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線に対しオーガがなす傾斜角（掘削孔（杭）の傾斜角）及び地表面位置における掘削孔に対するオーガの水平方向ずれ量（掘削孔（杭）の偏芯量）の推定結果を示すグラフ図である。

【図７】本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、複数の掘削孔で測定された、

地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、地表面位置における掘削孔からのオーガの水平方向ずれ量（掘削孔（杭）の偏芯量）の推定量を示すグラフ図である。
【図８】本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、オーガ駆動装置の電流値と土質分布の関係を説明するグラフ図である。
【図９】本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、出来形検査と推定値の相関を示すグラフ図である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下に、本発明にかかる掘削孔形状の推定方法の好適な一実施形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。図１は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法の実施状況を説明する説明図、図２は、図１に示した掘削孔形状の推定方法により、オーガで掘削される掘削孔の推定形状の最初の様子を説明する説明図、図３は、図２に示した掘削孔の推定形状の、その後の様子を説明する説明図、図４は、図３に示した掘削孔の推定形状の、さらにその後の様子を説明する説明図、図５は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法におけるオーガの水平方向ずれ量の算定を説明する説明図、図６は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線に対しオーガがなす傾斜角（掘削孔（杭）の傾斜角）及び地表面位置における掘削孔に対するオーガの水平方向ずれ量（掘削孔（杭）の偏芯量）の推定結果を示すグラフ図、図７は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、複数の掘削孔で測定された、地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、地表面位置における掘削孔からのオーガの水平方向ずれ量（掘削孔（杭）の偏芯量）の推定量を示すグラフ図、図８は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、地表面位置から地中へのオーガの貫入量（掘削孔の深度）に対する、オーガ駆動装置の電流値と土質分布の関係を説明するグラフ図、図９は、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法における、出来形検査と推定値の相関を示すグラフ図である。
【００１４】
図１に示すように、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法は、主として、杭などを打設する掘削孔Ｈ（図２等参照）を形成するオーガ１と、現場に設置され、オーガ１を回転駆動して地表面Ａから地中Ｂに貫入するオーガ駆動装置２と、現場に設置され、地表面Ａ位置におけるオーガ１の地中Ｂへの貫入作業状態を撮影するための撮影手段３と、撮影手段３で撮影されて当該撮影手段３から出力されるオーガ１の画像Ｃが入力され、当該画像Ｃを利用して測定作業を実行するのに供される演算装置４及びモニター５等の測定用機器とを用いて実施される。
【００１５】
オーガ１による掘削孔Ｈの施工自体は従来周知である。すなわち、オーガ駆動装置２の支柱２ａに設けられた振れ止め２ｂに、上下方向へ移動自在に保持されたオーガ１は、支柱２ａにガイドされて下降移動されるオーガヘッド２ｃにより回転駆動されて、地中Ｂへ向かって圧入される。
【００１６】
これにより、オーガ１は、地表面Ａ位置から地中Ｂに向けて貫入され、掘削孔Ｈが、例えば鉛直下向き方向へ形成される。そして、支柱２ａ下部に達したオーガヘッド２ｃの支柱２ａ上部への盛り替えと、地中Ｂへ貫入されたオーガ１に対する、追加のオーガ１の継ぎ足しを繰り返すことにより、設計深度（必要深度）に達する掘削孔Ｈが形成されていく。
【００１７】
次に、測定用機器について説明する。測定用機器は、撮影手段３と演算装置４、モニター５などを含む、いわゆるトータルステーションとも称される構成を備える。
【００１８】

オーガ１は、地中Ｂ内部に貫入された部分と、オーガ駆動装置２の支柱２ａに、振れ止め２ｂを介して保持されて、地表面Ａ位置から上方に突出されている部分とがあり、地表面Ａ上に露出されている部分のオーガ１が撮影手段３で撮影されて、オーガ１の画像Ｃが生成される。撮影手段３は例えば、現場に設置される三脚３ａに装着され、撮影操作が可能であると共に、撮影した画像Ｃをデータとして出力することが可能なＣＣＤカメラ３ｂで構成される。

【００１９】

本実施形態では、撮影手段３は、オーガ１を取り囲む周囲の複数の方向に設置され、複数の方向から撮影が行われる。図示例では、オーガ１を中心として、互いに直交するｘ方向及びｙ方向の二方向に撮影手段３が設置されて、これら二方向から撮影が行われる。

【００２０】

ＣＣＤカメラ３ｂから出力されるオーガ１の画像Ｃのデータは、演算装置４に入力される。演算装置４にはモニター５が接続され、モニター５は、演算装置４で制御されて、撮影手段３から出力された画像Ｃのデータや演算装置４で演算した結果等、各種情報を表示する。オーガ１の画像Ｃは、モニター５上で、上下方向が鉛直方向となるようにセットされる。言い換えれば、ＣＣＤカメラ３ｂによる撮影にあたり、撮影画像Ｃの上下方向が鉛直方向であるように、セットされる。

【００２１】

演算装置４は、少なくとも、（１）オーガ１の画像Ｃをモニター５に表示する処理、（２）オーガ１の地表面Ａ位置における地中Ｂへの貫入方向に沿う補助線Ｅを生成する処理、（３）地表面Ａ位置における掘削孔Ｈを経過する鉛直線Ｆを生成する処理、（４）鉛直線Ｆと補助線Ｅ双方をモニター５に表示する処理、並びに（５）鉛直線Ｆに対する補助線Ｅの傾き角度θ（後述する傾斜角Ｇに対応）を演算し出力する処理を実行する。

【００２２】

補助線Ｅを生成する処理については、演算装置４が、オーガ１の画像Ｃから抽出される陰影等のデータに基づき演算処理を行って、例えばオーガ１の側縁を特定し、さらに演算処理を行って、このオーガ１の側縁に沿う直線を、オーガ１の地表面Ａ位置における地中Ｂへの貫入方向に沿う補助線Ｅとして自動生成する。あるいは、オペレータによる操作で、当該補助線Ｅを生成するようにしても良い。この補助線Ｅは、演算装置４の演算結果として、モニター５に表示される。

【００２３】

鉛直線Ｆを生成する処理については、演算装置４が、モニター５上の上下方向を鉛直方向として鉛直線Ｆを生成し、モニター５に表示する。

【００２４】

図１の説明図では、モニター５上には、ｘ－ｙ二方向の、振れ止め２ｂ位置におけるオーガ１の撮影画像Ｃが示されていて、演算装置４は、ｘ－ｙ二方向それぞれについて、補助線Ｅ及び鉛直線Ｆの双方をモニター５に、重ね合わせ可能に表示する。

【００２５】

補助線Ｅは、地表面Ａ位置から振れ止め２ｂまでの間でオーガ１に湾曲変形や屈曲変形がないものと仮定して、振れ止め２ｂ位置と掘削孔Ｈの地表面Ａ位置とで同一の傾き角度θで生成され、オーガ１の地表面Ａ位置における地中Ｂへの貫入方向に沿うものである。

【００２６】

鉛直線Ｆは、モニター５上のどの位置でも鉛直であって、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法の意味合いでは、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈを経過するものである。オーガ１の画像Ｃは、振れ止め２ｂ位置ではなく、掘削孔Ｈの地表面Ａ位置におけるオーガ１を撮影したものであっても良いことはもちろんである。

【００２７】

演算装置４は、モニター５上に表示される鉛直線Ｆ及び補助線Ｅのデータに基づき、鉛直線Ｆに対し、補助線Ｅがなす傾き角度θ（傾斜角Ｇ）を自動演算する処理を実行し、その結果がモニター５上に表示される。モニター５上に表示される情報はすべて、演算装置

４に接続されたプリンタなどの出力装置や記憶装置に出力することが可能である。

【００２８】

図２から図４には、推定される、オーガ１で形成される掘削孔形状の推移が示されている。掘削孔Ｈの形状、すなわち掘削孔Ｈの地中Ｂにおける孔曲がりは、背景技術で説明したように、地層分布や地盤の硬軟に影響されると共に、地表面Ａに設置されたオーガ駆動装置２の鉛直精度によっても孔曲がりは生じ、そしてまた、この孔曲がりが地表面Ａ位置におけるオーガ１の傾きに反映することが考えられる。また、施工中におけるオーガ１の傾きの調整によっても、もちろん孔曲がりが発生する。

【００２９】

杭、すなわち掘削孔Ｈを形成するオーガ１の鉛直方向に対する傾斜角Ｇは、上述したように１／１００よりも僅かなものである。

【００３０】

本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法では、オーガ１を地表面Ａ位置から地中Ｂに向かって貫入する貫入作業を、単位作業量毎に複数回に分けること、並びに貫入作業の単位作業量が完了する度に、上記測定用機器で測定作業を行うこと、を作業条件として、掘削孔形状が推定される。

【００３１】

すなわち、本実施形態では、単位作業量の貫入作業と測定作業とが交互に繰り返し実施されて、必要深度（設計深度）の掘削孔Ｈが形成され、そしてまた掘削孔形状が推定される。

【００３２】

単位作業量とは、オーガ１が一定長さ（これを単位長さという）Ｌだけ、地表面Ａ位置から地中Ｂに貫入される、当該オーガ１の単位長さ当たりの作業量であっても良いし、あるいはオーガ１が一定時間（これを単位時間という）だけ回転駆動されて地中Ｂに貫入される、当該オーガ１の単位時間当たりの作業量であっても良い。

【００３３】

単位時間当たりの作業量を単位作業量とした場合、地層等の影響から、当該単位作業量当たりのオーガ１の地中Ｂへの貫入長さは、必ずしも一定とはならない。以下、単位作業量が、オーガの単位長さ（Ｌ）当たりの作業量である場合を例にとって説明する。

【００３４】

上記作業条件でのオーガ１による掘削孔Ｈの形成では、例えば、第１回目の単位作業量の施工作業として、オーガ１が、地表面Ａ位置において、鉛直方向（鉛直線Ｆ）に対し、僅かながらの傾き角度θ_1がある状態（補助線Ｅ参照）で、オーガ１の一定長さＬだけ、地表面Ａ位置から地中Ｂへ向かって掘削孔Ｈが形成される（図２（Ａ）参照）。

【００３５】

第１回目の単位作業量による掘削孔Ｈの形成が完了したら、このとき、第１回目の測定作業を行う。

【００３６】

第２回目の単位作業量の施工作業において、地表面Ａ位置におけるオーガ１の傾き角度θ_2が、鉛直方向（鉛直線Ｆ）に対し、変化したとして（図２（Ｂ）参照：$\theta_1 \rightarrow \theta_2$）、変化した傾き角度$\theta_2$で（補助線Ｅ参照）、オーガ１はさらに地中に向かって掘削孔Ｈの形成を継続する（図３（Ｃ）参照）。

【００３７】

第２回目の単位作業量による掘削孔Ｈの形成が完了したら、第１回目の単位作業量完了後と同様に、第２回目の測定作業を行う。

【００３８】

そしてまた、第３回目の単位作業量の施工作業において、地表面Ａ位置におけるオーガ１の傾き角度θ_3が、さらに鉛直方向（鉛直線Ｆ）に対し、変化したとして（図３（Ｄ）参照：$\theta_2 \rightarrow \theta_3$）、変化した傾き角度$\theta_3$で（補助線Ｅ参照）、オーガ１はさらに地中Ｂに向かって掘削孔Ｈの形成を継続する（図４参照）。

【００３９】
第３回目の単位作業量による掘削孔Ｈの形成が完了したら、第１回目及び第２回目の単位作業量完了後と同様に、第３回目の測定作業を行う。
【００４０】
このようにして貫入作業と測定作業が繰り返され、図５（Ａ）に示すように、掘削孔Ｈが形成されていく。図５（Ａ）は、単位作業量の繰り返しで形成される掘削孔Ｈの推定状況を概念的に示している。
【００４１】
このような掘削孔Ｈの施工状況に関し、
（１）各単位作業量毎に、地表面Ａ（ＧＬ）位置から地中Ｂに貫入される一定長さＬ部分のオーガ１の傾斜角Ｇ（傾き角度θ）は、その後継続される単位作業量によって地表面Ａ位置から地中Ｂに貫入される他の一定長さＬ部分のオーガ１の傾斜角Ｇの変化に関わらず、一定を保つ、
（２）オーガ１は、湾曲変形されたり、屈曲変形されない、
という仮定の下に、測定作業で得られる貫入量Ｌ及び傾斜角Ｇを用いて、オーガ１の水平方向ずれ量Ｄを算定する算定作業が行われる。
【００４２】
図５（Ｂ）は、水平方向ずれ量Ｄの算定を説明するための概念図であって、オーガ１の地表面Ａ位置から地中Ｂへの貫入状態について、単位作業量当たりのオーガ１の、地表面Ａ位置から地中Ｂへの貫入量Ｌと、上記測定用機器で測定される、鉛直線Ｆに対する補助線Ｅの傾き角度θとから、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈに対するオーガ１の水平方向ずれ量Ｄを算定する際の原理が示されている。
【００４３】
傾斜角Ｇは、測定用機器のモニター５上に表示される鉛直線Ｆ及び補助線Ｅのデータに基づき演算装置４で演算される、鉛直線Ｆに対し、補助線Ｅがなす傾き角度θから算出される。
【００４４】
単位作業量のオーガ１の一定長さＬは、オーガ１に一定寸法の間隔で印を付すなどすることにより測定される。図示した直角三角形の斜辺の長さが、単位作業量で地表面Ａ位置から地中Ｂに貫入されるオーガの一定長さ（単位長さ）Ｌであり、水平方向の底辺の長さが、オーガ１の上記水平方向ずれ量Ｄであり、二つの辺で挟まれた鉛直方向の残りの縦辺の長さが、掘削孔Ｈの鉛直方向の深度ｄｌである。
【００４５】
斜辺と縦辺とがなす角度が、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈを経過する鉛直線Ｆに対しオーガ１がなす傾き角度θで、測定用機器によって測定された補助線Ｅの、モニター５上における鉛直線Ｆに対する傾斜角度である。斜辺の長さ、すなわちオーガ１の一定の長さＬは単位作業量として設定されるものである。傾き角度θはきわめて微小であり、また傾斜角Ｇは、掘削孔（杭）の長さ方向と芯ずれ方向の寸法の比であるので、

$$\cos\theta = dl / L$$
$$dl = L \times \cos\theta \quad L$$

$$\tan\theta = G = D / dl \quad (L)$$
$$D = dl \times G$$

【００４６】
以上のことから、図２から図４について説明すると、図２（Ａ）の第１回目の単位作業量では、掘削孔Ｈの深度dl_1及び水平方向ずれ量D_1は、それぞれ

$$dl_1 = L, \quad D_1 = dl_1 \times G_1$$

であり、図３（Ｃ）の第２回目の単位作業量では、

$$dl_2 = L, \quad D_2 = dl_2 \times G_2$$

であって、第１回目の単位作業量における深度ｄｌ$_1$及び水平方向ずれ量Ｄ$_1$を積算すると、

ｄｌ$_i$＝ｄｌ$_1$＋ｄｌ$_2$＝２Ｌ，　Ｄ$_i$＝ｄｌ$_1$×Ｇ$_1$＋ｄｌ$_2$×Ｇ$_2$

であり、図４の第３回目の単位作業量では、

ｄｌ$_3$＝Ｌ，　Ｄ$_3$＝ｄｌ$_3$×Ｇ$_3$

であって、第１回目及び第２回目の単位作業量における深度ｄｌ$_1$，ｄｌ$_2$及び水平方向ずれ量Ｄ$_1$，Ｄ$_2$を積算すると、

ｄｌ$_i$＝ｄｌ$_1$＋ｄｌ$_2$＋ｄｌ$_3$＝３Ｌ，

Ｄ$_i$＝ｄｌ$_1$×Ｇ$_1$＋ｄｌ$_2$×Ｇ$_2$＋ｄｌ$_3$×Ｇ$_3$

であって、これを一般化すると、式（１）が得られる。

【００４７】

【数１】

$$Dx_n = \sum_{i=1}^{n} dl \times Gx_i \qquad (1)$$

【００４８】

すなわち、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法では、単位作業量が完了する度に行われる各測定作業で得られる貫入量Ｌ及び傾斜角Ｇを用いて、複数回の単位作業量完了時それぞれにおける、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈに対するオーガ１の水平方向ずれ量Ｄを複数算定し、算定された複数の水平方向ずれ量Ｄを、測定作業順に順次積算する。

【００４９】

これにより、掘削孔Ｈの形成開始から完了までの間の、設計上の掘削孔Ｈに対する、形成された掘削孔Ｈの水平方向ずれ量Ｄの推移と、掘削孔Ｈの深度ｄｌが推定される。

【００５０】

次に、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法が適用された鹿児島県鹿屋市の甫木水門改築工事での結果について説明する。新水門の基礎杭は、径７００ｍｍが９６本、径４５０ｍｍが４４本、径３５０ｍｍが４０本である。

【００５１】

図６には、上記式（１）によって推定した、深度ｄｌ毎（単位作業量完了時毎）のｘ－ｙ直交二方向の掘削孔（杭）Ｈの傾斜角Ｇ（Ｇ$_x$，Ｇ$_y$；一点鎖線）と水平方向ずれ量（偏芯量）Ｄ（Ｄ$_x$，Ｄ$_y$；実線）の一例が示されている。概ね、掘削孔Ｈの傾斜角Ｇは、１／１００以下に抑えられながらも、掘削孔Ｈが徐々に一定方向へ位置ずれする結果となっている。

【００５２】

図７には、掘削孔（杭）Ｈの全数から抽出した複数の掘削孔Ｈについて、ｘ－ｙ直交二方向の変位を合成した水平方向ずれ量（偏芯量）Ｄが示されている。深度４０ｍにおける掘削孔Ｈ先端の水平方向ずれ量（偏芯量）Ｄは概ね２０ｃｍ以下となっており、平均傾き角度（平均傾斜角）は１／２００となっている。

【００５３】

一部の掘削孔Ｈでは、２０～３０ｃｍの偏芯となっているが、深度３０ｍ付近で傾斜角Ｇがやや増加する傾向が見られ、図８に示した土質柱状図からして、シルト質砂層から一次シラス層に土質の変化があり、地質の変化との相関が窺える。

【００５４】

さらに図８には、比較的水平方向ずれ量（偏芯量）Ｄの大きいオーガ駆動装置２の電流値が示されている。深度ｄｌが２０ｍ付近と、３０ｍ以深で、電流値が大きくなる傾向が見られ、土質状況を反映して電流値が変動しているものと考えられる。

【００５５】

以上のことから、傾斜角Ｇによる掘削孔Ｈの水平方向ずれ量（杭偏芯量）の推定値は、土質柱状図や電流値との相関関係があり、この観点から、地中における掘削孔（杭）Ｈの孔曲がり、すなわち掘削孔形状を、一定評価できていて、合目的的な形状推定を行うことができているといえる。

【００５６】

この改築工事では、先堀した掘削孔Ｈに既成杭を挿入しており、出来形検査では地表部分の杭頭の傾斜角と杭芯の偏芯量を計測している。既成杭は十分に剛な構造体であり、ほぼ掘削孔Ｈの傾斜に沿って設置されることになる。従って、杭頭の傾斜角は掘削孔Ｈの傾斜角Ｇを反映していると考えられる。

【００５７】

図９には、複数の掘削孔Ｈについて、本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法で算定された掘削孔Ｈの水平方向ずれ量（杭偏芯量）Ｄの推定値による傾斜角Ｇと、出来形検査による傾斜角の比較を示している。推定値（傾斜角Ｇ）は、地表面位置（０ｍ）から深度１０ｍの掘削孔Ｈの傾斜角Ｇの平均値を示しているが、出来形検査の傾斜角は、推定値の比較的に浅層部の傾斜角Ｇを反映していると想定している。

【００５８】

推定値の傾斜角Ｇと出来形検査の傾斜角の相関係数は０．６０であり、出来形検査との比較によっても、推定値による掘削孔（杭）Ｈの孔曲がり、すなわち掘削孔形状を、一定評価できていて、合目的的な形状推定を行うことができているといえる。

【００５９】

本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法は、記録されたオーガ１の画像Ｃ等を用いて掘削孔形状を推定できることはもちろんのこと、掘削孔Ｈを形成しつつリアルタイムで当該方法を実施して形状推定を行うこともでき、リアルタイムであれば、オーガ１の傾斜角Ｇを逐一調整することで孔曲がりを修正することも可能であって、施工管理の精度を向上することができる。

【００６０】

以上説明した本実施形態に係る掘削孔形状の推定方法は、オーガ１を地表面Ａ位置から地中Ｂに向かって貫入する貫入作業を、単位作業量毎に複数回に分け、貫入作業の単位作業量が完了する度に、単位作業量当たりのオーガ１の、地表面Ａ位置から地中Ｂへの貫入量Ｌと、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈを経過する鉛直線Ｆに対しオーガ１がなす傾斜角Ｇとを測定する測定作業を行い、各測定作業で得られる貫入量Ｌ及び傾斜角Ｇを用いて、複数回の単位作業量完了時それぞれにおける、掘削孔Ｈの深度ｄｌと地表面Ａ位置における掘削孔Ｈに対するオーガ１の水平方向ずれ量Ｄを複数算定し（傾斜角Ｇは僅かであるので、貫入量Ｌをもって深度ｄｌとすることができ、算定する必要は殆どない）、算定された複数の深度ｄｌ及び水平方向ずれ量Ｄを、測定作業順に順次積算して、設計深度へ向かって掘削孔Ｈの形状を推定するので、地中部分のオーガ１を観測することなく、オーガ１に対し、地上における測定作業を行うことのみで、掘削孔Ｈの形状を推定することができる。上記推定方法では、深度ｄｌがほぼ各単位作業量におけるオーガ１の貫入量Ｌであるので、合理的には、オーガ１の上記傾斜角Ｇを測定して、上記水平方向ずれ量Ｄのみを算定すれば、掘削孔形状を推定することができる。

【００６１】

従って、特殊なオーガを使用する必要はなく、また地上での計測で実施できるので、安価にかつ簡単な運用で、信頼性のある掘削孔形状の推定を行うことができる。

【００６２】

測定作業では、地表面Ａ位置から上方に突出されているオーガ１の画像Ｃが撮影手段３で撮影され、撮影手段３から出力されたオーガ１の画像Ｃがモニター５を制御する演算装置４に入力されて、演算装置４により、オーガ１の画像Ｃをモニター５に表示する処理、オーガ１の地表面Ａ位置における地中Ｂへの貫入方向に沿う補助線Ｅを生成する処理、地表面Ａ位置における掘削孔Ｈを経過する鉛直線Ｆを生成する処理、鉛直線Ｆと補助線Ｅの双方をモニター５に表示する処理、並びに鉛直線Ｆに対する補助線Ｅの傾き角度θから傾

斜角Ｇを演算し出力する処理が実行されるので、地上でオーガ１の画像Ｃのデータのみを入手することで、その余は、演算装置４による演算処理によって測定作業を完了できて、推定作業の省力化を達成することができる。

【００６３】

また、オーガ１の水平方向ずれ量Ｄを単位作業量完了毎に複数算定すること、そしてまた水平方向ずれ量Ｄの積算も、当該演算装置４で処理することができ、方法の実施に用いる設備を合理化できると共に、リアルタイムで掘削孔形状の推定をスムーズかつ容易に行うことができて、掘削孔Ｈを施工しながら、掘削孔形状の推定作業を実施することができる。

【００６４】

傾斜角Ｇの測定作業を、オーガ１を取り囲む周囲の複数の方向、少なくともｘ－ｙ二方向から行うようにしたので、掘削孔形状の推定精度を向上することができる。

【００６５】

上記実施形態では、鉛直方向に掘削される掘削孔形状の推定について説明したが、掘削孔Ｈは、斜め方向に掘削されるものであっても良いことはもちろんである。この場合、鉛直線Ｆに対するオーガ１がなす傾斜角Ｇ及び鉛直線Ｆに対して補助線Ｅがなす傾き角度θについて、形成すべき斜め方向の掘削孔Ｈの傾きを、上記傾斜角Ｇ及び傾き角度θに対する補正量として算入して実施するようにすればよい。

【００６６】

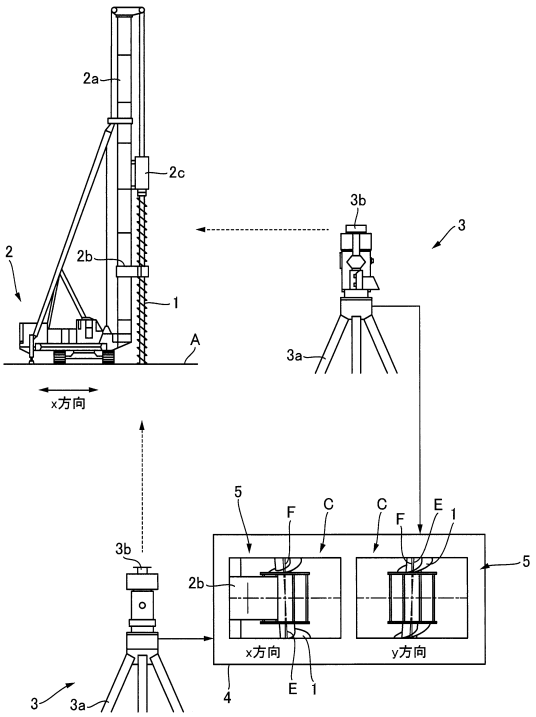
なお、傾斜角Ｇが大きい場合や、より高い精度が求められる場合は、上記ｃｏｓθから正確な深度ｄｌを求めるようにすればよい。

【符号の説明】

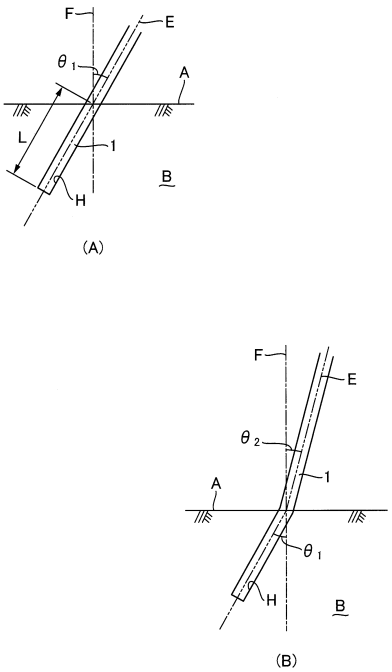
【００６７】

１　オーガ
３　撮影手段
４　演算装置
５　モニター
Ａ　地表面
Ｂ　地中
Ｃ　オーガの画像
Ｄ　地表面位置における掘削孔に対するオーガの水平方向ずれ量
Ｅ　オーガの地表面位置における地中への貫入方向に沿う補助線
Ｆ　地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線
Ｇ　地表面位置における掘削孔を経過する鉛直線に対しオーガがなす傾斜角
Ｈ　掘削孔
Ｌ　オーガの地表面位置から地中への貫入量
θ　鉛直線に対する補助線の傾き角度

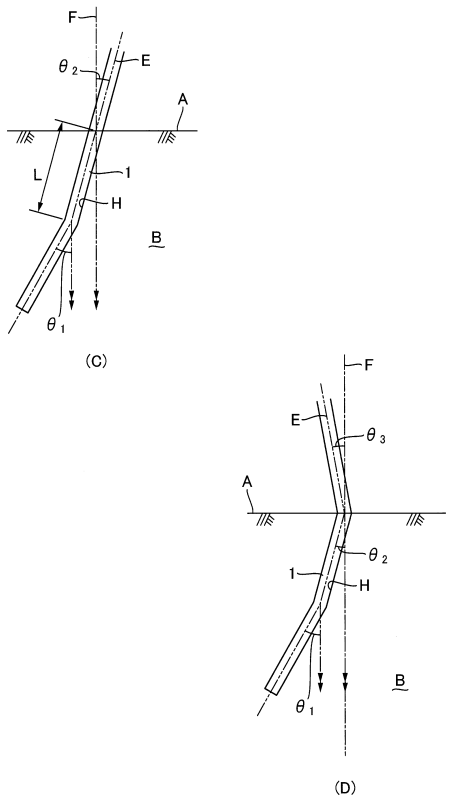
【図１】


2a
2c
3b
3
2
2b
1
A
3a
x方向
5
F
C
C
F
E
1
5
3b
2b
x方向
y方向
E
1
3
3a
4

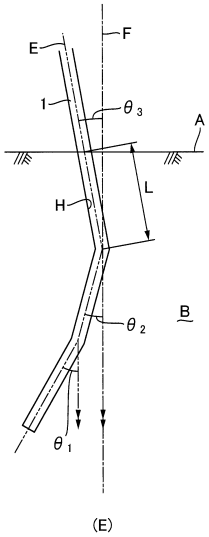
【図２】


F
E
θ1
A
L
1
B
H
(A)
F
E
θ2
1
A
θ1
H
B
(B)

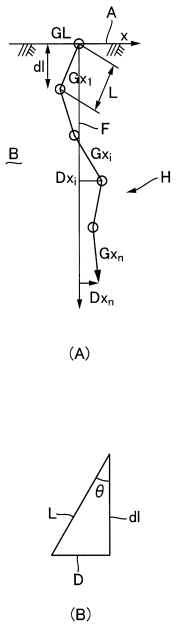
【図３】


F
θ2
E
A
L
1
H
B
θ1
(C)
F
E
θ3
A
θ2
1
H
B
θ1
(D)

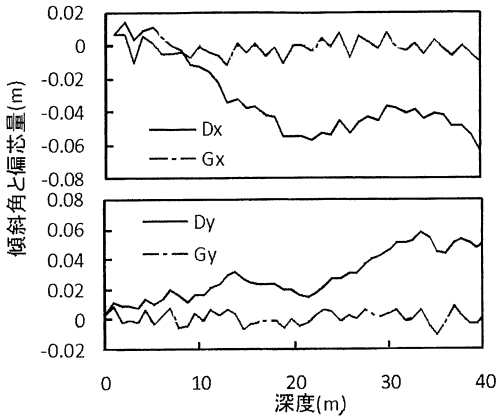
【図４】


E
F
1
θ3
A
L
H
θ2
B
θ1
(E)

【図５】

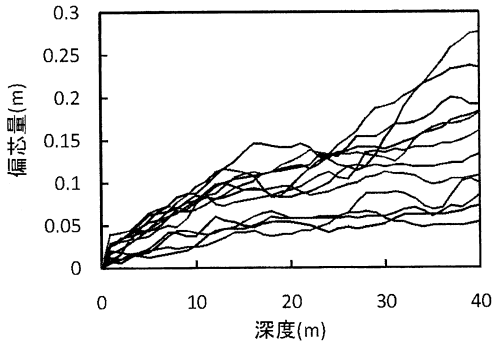


【図６】



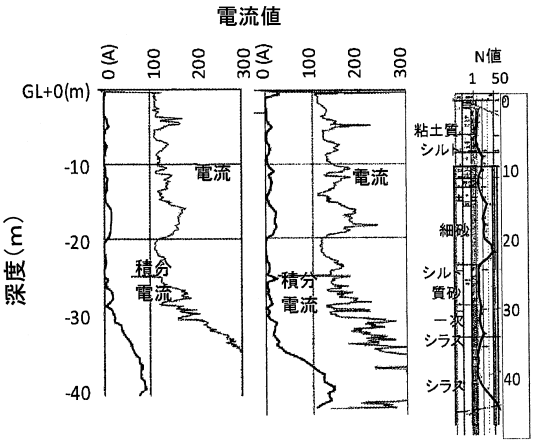
掘削孔（杭）の傾斜角と偏芯量

【図７】



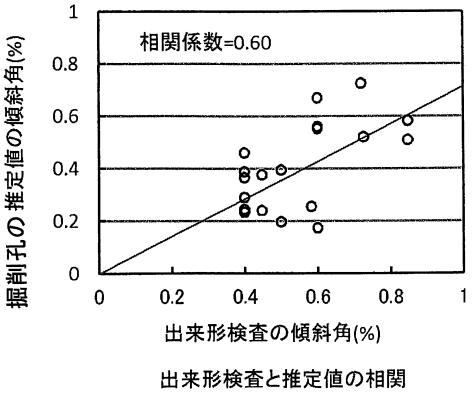
掘削孔（杭）の深度と偏芯量

【図８】



オーガ駆動装置の電流値と土質分布

【図９】



出来形検査と推定値の相関

フロントページの続き

(56)参考文献 特公平０７－０８８７４４（ＪＰ，Ｂ２）
特開平１０－２８８５２２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０２００６０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１２７０９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－００５３０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２５５２３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１３７０９３（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２３４５５５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１９１１６７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／００９５５３９（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｅ２１Ｂ　４７／０２２
Ｅ２１Ｂ　４７／０２４
Ｅ２１Ｂ　４７／０４
Ｅ０２Ｄ　７／００
Ｅ０２Ｄ　１３／０６
Ｇ０１Ｃ　９／００