

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5520347号
(P5520347)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.	F 1
EO2D 7/00	(2006.01)
EO2D 5/44	(2006.01)
EO2D 5/48	(2006.01)
E21B 10/32	(2006.01)
	E O 2 D 7/00 A
	E O 2 D 5/44 A
	E O 2 D 5/48
	E 2 1 B 10/32

請求項の数 2 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2012-173109 (P2012-173109)	(73) 特許権者	000176512 三谷セキサン株式会社 福井県福井市豊島1丁目3番1号
(22) 出願日	平成24年8月3日(2012.8.3)	(74) 代理人	100108947 弁理士 涌井 謙一
(62) 分割の表示	特願2010-120838 (P2010-120838) の分割 原出願日 平成15年9月30日(2003.9.30)	(74) 代理人	100117086 弁理士 山本 典弘
(65) 公開番号	特開2012-207532 (P2012-207532A)	(74) 代理人	100124383 弁理士 鈴木 一永
(43) 公開日	平成24年10月25日(2012.10.25)	(74) 代理人	100059281 弁理士 鈴木 正次
審査請求日	平成24年8月28日(2012.8.28)	(72) 発明者	木谷 好伸 東京都台東区柳橋2-19-6 三谷セキ サン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2002-287127 (P2002-287127)		
(32) 優先日	平成14年9月30日(2002.9.30)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】杭の中掘工法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンクリート製の既製杭の中空部の先端から掘削ロッドの掘削ヘッドを突出させ、地盤を掘削して根固め層を有する杭穴を形成しつつ前記既製杭を下降して、所定杭穴の前記根固め層に前記既製杭の下端部を埋設する杭の中掘工法において、以下のように構成したことを特徴とする杭の中掘工法。

(1) 杭穴を形成して、前記地盤で比較的軟弱な地層を含む深度区間に於いて、掘削土にセメントミルク類を注入して、該掘削土と攪拌混合して、外周全体が地盤に接する所定固化強度の固化混合層を形成してなり、該固化混合層の厚さは1m以上であり、前記固化混合層内周面と前記既製杭の外周面との付着強度を、前記固化層外周面と原地盤面との付着強度より大きく形成し、

(2) 前記における比較的軟弱な地盤とは、「5より小さいN値を有する地盤」又は「砂質土において5より小さいN値を有する地盤」をいう。

【請求項2】

コンクリート製の既製杭の中空部の先端から掘削ロッドの掘削ヘッドを突出させ、地盤を掘削して根固め層を有する杭穴を形成しつつ前記既製杭を下降して、所定杭穴の前記根固め層に前記既製杭の下端部を埋設する杭の中掘工法において、以下のように構成したことを特徴とする杭の中掘工法。

(1) 杭穴を形成して、所定深さ位置で掘削土にセメントミルク類を注入して、該掘削土と攪拌混合して、所定固化強度の固化混合層を形成してなり、該固化混合層はドーナツ状で

、外周面全体が原地盤面に付着し、内周面が前記既製杭の外周面に付着し、かつ該固化混合層内周面と前記既製杭の外周面との付着強度を、前記固化層外周面と原地盤面との付着強度より大きく形成した。

(2) 他の深さ位置では、前記固化混合層を形成しない層を形成する。

(3) 前記固化混合層を形成しない層では、前記固化混合層と前記固化混合層との間に、既製杭の外周側に掘削土を押圧して放射状に掘削土層を形成する。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、杭穴を掘削しつつ既製杭を埋設する中掘工法に関する。とりわけ、地盤途中に比較的軟弱な地盤の層を含み、その層では十分な支持力が得られない場合に特に有効である。

10

【背景技術】

【0002】

一般的な杭の中掘工法では、既製杭の中空部に、掘削ヘッドおよび排土スパイラルを形成した掘削ロッドを挿入して、既製杭の先に突出した掘削ロッドで、地層を掘削しながら、既製杭を沈設させていた。この場合、掘削ヘッドの掘削径は、埋設する既製杭の内径より若干小さい（マイナス40mm程度）寸法としていた（非特許文献1）。そして、この杭穴内にそのまま既製杭を押し込め、あるいは杭穴内壁と既製杭の隙間にセメントミルクを注入して既製杭を押し込めていた（例えば、特許文献1、5頁左上より2～3行目）。

20

【0003】

また、中掘工法で、根固め部を拡径して、先端支持力を増加させる場合、掘削ヘッドに揺動して拡大掘削できる掘削刃（特許文献1）や掘削ロッドの軸に直交する方向（水平方向）に突出する掘削刃を形成して、拡大根固め部の掘削をしていた。

【0004】

また、既製杭の埋設に先立ち、掘削ロッドで杭穴の全部を掘削した後に既製杭を埋設して基礎杭を埋設する工法（先掘工法）では、掘削ロッドの中間部に拡開刃を形成して、杭穴の軸部に拡径部を掘削する工法も提案されているが（特許文献2）、軟らかい地層等では採用できず、使用範囲が限られていた。

【0005】

30

また、中掘工法では、上記のように、既製杭の外径より小さな径の杭穴を掘削するので、先掘工法で使用するような、外側面に節などの凹凸を形成した既製杭を使用することができず、専ら円筒形状の既製杭を使用していた。

【0006】

また、排土を減らすことを目的とした発明として、特許文献3～5が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平8-291682号公報

【特許文献2】特開平2-108724号公報

40

【特許文献3】特開昭57-74534号公報

【特許文献4】特開2002-54135号公報

【特許文献5】特開2002-81059号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】「杭基礎の調査・設計から施工まで」（第2回改訂版），（財）土質工学会，平成5年5月25日初版発行，425～431頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

50

(1) いわゆる先掘工法では、既製杭の埋設に先立ち、杭穴の全部を掘削した後に既製杭を埋設して、掘削ドラムで杭穴壁を均してセメントミルクを搅拌・充填できるが、中掘工法では、一般に、掘削土の大部分を掘削ロッドで排出しており、更に構造上から掘削ロッドに練付ドラムを取付け難いので、杭穴壁を均すこともできなかった。従って、既製杭と杭穴との間の杭周部を支持力として十分に利用できなかった。

【0010】

また、中掘用の掘削ロッドでは、既製杭（通常はコンクリート系）の中空部を通過させなければならないという構造上の制限があり、比較的拡径が容易な場合（特許文献2）でも、中空部通過状態（最小径）、杭穴軸部掘削状態（中間径）、杭穴拡底部掘削状態（最大径）の3位置を取らなければならず、複雑な構造で設計強度上限られていた。また、通常の掘削径の2段切替式では、拡底根固め部を形成する場合には、根固め部の掘削径は、杭穴の軸部径の1.2倍程度までであり、前記掘削ヘッドに掘削刃付きの揺動腕を設けた場合であっても、1.5倍が限度であった。特に外径1000等の大径の既製杭を使用した場合には、1.2倍程度に制限されていた。

10

【0011】

また、中掘工法では、一般に掘削ヘッドの直上に既製杭の先端を位置させて、該既製杭を沈設しながら掘削するので、前記特許文献2のように掘削ロッドの中間部に拡径刃を形成して拡径部を掘削することができなかった。

【0012】

従って、中掘工法では、掘削速度を速くするためには、掘削土の排出を多くせざるを得ず、結果として環境面からも好ましくなく、施工する土質も限られていた。即ち、掘削土の排出を良くするため各種の工夫が成されていた（日本国・特開平5-3353号公報の空気の吹き出し等）。

20

【0013】

(2) また、一般に、砂質土、礫質土等の地盤に、拡底根固め部を形成する中掘工法では

、

$$\text{総支持力 } R_a = 1/3 (R_p + R_f) \quad (\text{kN/本})$$

で、算定される。

【0014】

$$\text{ここで、 } R_p = \times N_{ave} \times A_p$$

: 支持力定数（通常250程度）

30

N_{ave} : 杭先端平均N値

A_p : 既製杭の先端断面積

である。尚、ここで既製杭の先端断面積は、荷重によるせん断力の伝搬に寄与するソイルセメント層との付着面積に相当する。

【0015】

また、 R_f は、杭周面摩擦抵抗力で、杭周固定液の使用の有無により、

・杭周固定液使用時： $R_f = C \times N_{ave} \times L \times$
 $(C = 2 \sim 3)$

・杭周固定液不使用時： $R_f = C \times L \times$
 $(C = 15)$

40

の値を使用する。

【0016】

また、ここで、

L : 杭の周面摩擦力を考慮し得る地盤の長さ

：杭の周長

N_{ave} : 杭周固定液を使用する区間の平均N値

である。

【0017】

総じて、N値が低い場合（例えば10以下）は、既製杭として通常の円筒杭を使用した

50

場合は、節杭などを利用した基礎杭構造に比べ R_f (杭周面摩擦抵抗力) が小さくなっていた。

【0018】

従って、中掘工法において、支持力を増加する為には、 R_p 、 R_f のいずれか又は両方を増加させることが必要であった。

【0019】

この発明では、 R_f を大きくするために、杭穴の軸部外周部を改良して、既製杭の周面全体として地盤強度を向上させることを目的とする。これにより、既製杭の周面の全体的な摩擦抵抗力を確保・増加させると共に、応力伝搬面積を大きくして応力が広く緩和して伝搬できるようにする。即ち、上記 R_f の式において、 N あるいは係数 C 等を大きくする。

10

【0020】

(3) また、 R_p (先端支持力) を増強するために、杭下端部 (先端部) の杭外表面を広くしソイルセメントとの付着面積を増強すると共に、付着面よりの応力が充分に伝搬できる高固化強度の根固め部を形成することを目的とする。即ち、上記式において、 A_p を大きくする。

【0021】

また、この発明は、中掘工法において、杭穴掘削時に、既製杭の中空部より地上に排出される排土を少なくすることを目的とする。

【0022】

(4) また、特許文献 3 の発明は、予め先端に地中にねじ込みできかつ補強となる金具を付けた鋼管を、ケーシングとして地中にねじ込み、その後鋼管内に、既製杭 (コンクリート製) を挿入する工法で、排土の削減を実現する発明が開示されている。しかし、この工法では、既製杭を金具に載せただけであり、既製杭と金具の一体性が無く、更に地盤と既製杭との間の応力伝搬を確実にするソイルセメント層などの固化混合層の配慮が無く、高支持力の発揮は期待できない。また、この工法は、金具を必須としているので、中掘工法への応用は一切できない。

20

【0023】

また、特許文献 4 の発明は、既製杭の外径と等しい径の杭穴を掘削し、その後らせん翼を有する既製杭を埋設する先掘工法である。杭穴の軸部の径を相対的に小さくすることにより、掘削土の排出量を軽減する点が開示されている。しかし、特許文献 4 の発明は、らせん翼をねじ込む際に、大きなねじれが既製杭に生じ、地盤が固い場合には特に既製杭に巨大なねじれが生じ、コンクリート製の既製杭では実施不可能である。また、地層に軟らかい層が含まれている場合には、杭穴径が小さいので、杭穴壁と既製杭の外側面との隙間にセメントミルク等と固化混合層の形成ができ難いので、周辺摩擦力の発揮が困難である。

30

【0024】

また、特許文献 5 の発明は、中空の既製杭の下端部にらせん翼と掘削刃を有する推進ヘッドを嵌め合わせて、既製杭を通した回転ロッドで推進ヘッドを回転して、既製杭を無回転で貫入させる工法が開示されている。しかし、特許文献 5 の発明は、埋設される推進ヘッドと既製杭との一体性が不確実で、また拡大掘削ができないので、推進ヘッドを使った有効な支持地盤周辺での支持力強化が図れない。また、中間深さの地層に軟らかい層が含まれている場合には、その部分での固化混合層の形成ができず、周辺摩擦力の強化が図れない。更に、複雑な構造の推進ヘッドを支持地盤から回収できず、コストを要する。

40

【課題を解決するための手段】

【0025】

前記課題を解決するために、この発明では、杭穴軸部も含めて、従来に比べて掘削径の大きい (既製杭の杭径に対して) 杭穴を掘削し、更に当該杭穴の掘削中に、少なくとも設計上望ましい深度範囲の適宜区間に固化混合層を形成しつつ杭穴を掘削する構成とした。

【0026】

50

即ち、第1の発明は、コンクリート製の既製杭の中空部の先端から掘削ロッドの掘削ヘッドを突出させ、地盤を掘削して根固め層を有する杭穴を形成しつつ前記既製杭を下降して、所定杭穴の前記根固め層に前記既製杭の下端部を埋設する杭の中掘工法において、以下のように構成したことを特徴とする杭の中掘工法である。

(1) 杭穴を形成して、前記地盤で比較的軟弱な地層を含む深度区間において、掘削土にセメントミルク類を注入して、該掘削土と攪拌混合して、外周全体が地盤に接する所定固化強度の固化混合層を形成してなり、該固化混合層の厚さは1m以上であり、前記固化混合層内周面と前記既製杭の外周面との付着強度を、前記固化層外周面と原地盤面との付着強度より大きく形成し、

(2) 前記における比較的軟弱な地盤とは、「5より小さいN値を有する地盤」又は「砂質土において5より小さいN値を有する地盤」をいう。 10

【0027】

また、第2の発明は、コンクリート製の既製杭の中空部の先端から掘削ロッドの掘削ヘッドを突出させ、地盤を掘削して根固め層を有する杭穴を形成しつつ前記既製杭を下降して、所定杭穴の前記根固め層に前記既製杭の下端部を埋設する杭の中掘工法において、以下のように構成したことを特徴とする杭の中掘工法である。

(1) 杭穴を形成して、所定深さ位置で掘削土にセメントミルク類を注入して、該掘削土と攪拌混合して、所定固化強度の固化混合層を形成してなり、該固化混合層はドーナツ状で、外周面全体が原地盤面に付着し、内周面が前記既製杭の外周面に付着し、かつ該固化混合層内周面と前記既製杭の外周面との付着強度を、前記固化層外周面と原地盤面との付着強度より大きく形成した。 20

(2) 他の深さ位置では、前記固化混合層を形成しない層を形成する。

(3) 前記固化混合層を形成しない層では、前記固化混合層と前記固化混合層との間に、前記既製杭の外周側に掘削土を押圧して放射状に掘削土層を形成する。

【0028】

前記における比較的軟弱な地層とは、既製杭の埋設予定の地盤で、その1つの杭穴で、予め想定した地盤強度に対して、その想定した地盤強度より小さな強度しか有しない地盤強度の地盤を指す。例えば、想定する地盤強度を、砂質土において、N値で“20”とした場合、その平均N値より大幅に低い値、例えば“5”より小さな値を有するN値を有する、支持力としてほとんど考慮できない地盤を指す。この場合、予め想定する地盤強度は、1本の杭穴毎に設定される場合、あるいは敷地全体に対して設定される場合、等がある。 30

【0029】

また、前記において、セメントミルク類とは、掘削土に混入して攪拌混合すれば、所定時間経過後に固化するセメントミルク及びセメントミルクと同等の水硬性の材料を指す。

【0030】

また、前記において、「設計で定めた所定の深度範囲」は、通常地盤は各種地盤強度の地層から形成されており、どの深度範囲を設定するかは、基礎杭構造の総体として、強度を高められる範囲を定める。即ち、軟弱な地層を「所定の深度範囲」に定める場合、あるいは比較的強度の強い中間層を「所定の深度範囲」と定める場合、軟弱の層を適宜を組み合わせて「所定の深度範囲」とする場合、あるいは、地盤強度によらず、ある深度範囲を「所定の深度範囲」に定める場合等がある。 40

【0031】

また、前記において、「既製杭の外径の1.4倍以上で掘削」としたが、特に杭穴の軸部においては、上限は無く、大径とすればそれだけ既製杭の埋設は容易であり、かつ支持力の増加が期待できる。しかし、大径とすればそれだけ大きな掘削ロッドを必要とし、また掘削速度も遅くなり、施工効率が悪くなる。従って、上記及び基礎杭(既製杭)の設置間隔等を比較調整して、通常は、根固め部で高い先端支持力が得られる掘削径と同一寸法である1.4~1.5倍程度が望ましい。

【0032】

10

20

30

40

50

また、前記における「せん断力の伝搬」とは「先端金具13を取り付けた既製杭」あるいは「下端部外側面に凹凸部を設けた既製杭」を杭穴内の固化したソイルセメント層内に埋設した場合に当該ソイルセメント層へ向けてせん断力を伝搬できることをいう。また「せん断力を伝搬させることができる支持面」は、「先端金具の筒状基部（鋼管本体）6の外側面」あるいは「既製杭の下端部外側面」に突起（例えば環状突起）10を形成した場合には、当該突起10の下面が下方に向けてせん断力を伝搬させることができる支持面Bを構成し、当該突起10の上面が上方に向けてせん断力を伝搬させることができる支持面Aを構成する（図4（a））。この場合、突起10の上下面是、垂直面に対して多少傾斜した面であることが望ましい。また、実験によれば、せん断力の伝搬する方向は、垂直面に対して斜めに作用しているので、当該伝搬する方向と直角に形成することが望ましいことが分かっている。10

【0033】

また、突起部を広く取るために、上下方向のせん断力の作用する支持面を筒状基部1の外側面に凹部として形成した場合には、凹部の側壁面が各支持面A、Bを構成する（図4（b））。更に、支持面は、突起や凹部に限らず、筒状基部6の外側面に段差を形成して同様の機能を有する支持面A又は支持面Bとすることもでき（図4（c）（d））、その形状は任意である。要は、筒状基部6（既製杭1に環状突起37を形成する場合には、下部軸部36。図2（a））の外側面にせん断力の伝搬に有効な何らかの手段（例えば段差部等）が形成され、先端支持力として利用できれば、凹凸の形状に關係なく支持面を構成できる。20

【0034】

また、前記における筒状基部6（あるいは、下部軸部36。図2（a））は、応力の伝搬バランス上、円筒状とすることが望ましいが、角筒等その形状は任意である。

【0035】

また、前記において、先端金具13の筒状基部6の外径 $D_{1,1}$ は、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ より小径に形成すれば（ $D_{1,1} < D_{0,1}$ ）、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ に応じた杭穴を掘削すれば良いので望ましい。この場合には、筒状基部6の上端部に、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ に応じた大径部7を形成する（図2（b））。また、この場合、支持面を形成する環状突起10の外径 $D_{1,3}$ を、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ （即ち、大径部7の外径）より小径とし（ $D_{1,3} < D_{0,1}$ ）、あるいは、外径 $D_{1,3}$ を既製杭1の外径 $D_{0,1}$ より大径とすることもできる（ $D_{0,1} < D_{1,3}$ ）。また、当然、 $D_{1,3} = D_{0,1}$ 、とすることもできる。また、外径 $D_{1,3}$ を $D_{0,1}$ より大きくしない方が既製杭を挿入する際の抵抗が少ないので、高い地盤強度（あるいは土質の密度）等の地盤の施工では有効である。30

【0036】

また、筒状基部6の外径 $D_{1,1}$ を、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ と同等とし（ $D_{0,1} = D_{1,1}$ ）、あるいは、筒状基部1の外径 $D_{1,1}$ を、既製杭1の外径 $D_{0,1}$ より大径とすることもできる（ $D_{0,1} < D_{1,1}$ ）。これらの寸法は、地盤強度や土質の密度、基礎杭に求められる所要耐力等により使い分けることができる。

【0037】

また、先端金具13を使用せずに、既製杭1に細径の下部軸部36を形成して該部に環状突起37、37を形成した場合には（図2（a））筒状基部6の外面が、下部軸部の外面に相当し、同様な構成となるように設定する。40

【0038】

また、前記において、筒状基部6の内径 $D_{1,2}$ を既製杭1の内径 $D_{0,2}$ と同等以上とすることが望ましい。該部を掘削ヘッドを挿通することが容易となるからである。

【発明の効果】

【0039】

(1) 所定の区間で固化混合層を形成し、更に、掘削土を排出せず既製杭の外周壁で、地盤を押圧するので、同径の既製杭を使用した従来の中掘工法に比して、約2倍の支持力を発揮することが可能である。50

【0040】

また、N値の大小に関わらず、適宜区間を大径で杭穴掘削をしてセメントミルク類を注入して固化混合層を形成する場合には、更に杭周摩擦力を復元及び補強できるので確実に支持力の増強が見込まれる。

【0041】

(2) 従来の中掘工法は、掘削土の排出が多いのが難点であったが、本発明では既製杭の外径より大径（例えば、既製杭の外径の約1.4倍以上の大径）の杭穴をほぐして形成することにより、特に掘削ロッドに排土機構を設けることなく既製杭を沈設することもできるので、排土量を、セメントミルク等の杭穴内へ注入した注入物量程度にまで低減できる。また、比較的軟弱で支持力の期待できない地層（良くない地層）を含む深度区間のみに掘削土にセメントミルク類を注入して攪拌混合して固化混合層を形成することもできる。更に、大径の杭穴を既製杭の外径の約1.4倍以上の径で掘削する場合には、高支持力が得られる根固め部が形成されるので、より高耐力を有する基礎杭も同時に構築できる。

10

【0042】

(3) 掘削した杭穴内に固化混合層を形成するので、固化混合層が既製杭の外周面と一体に付着できれば、外周に大径の環状突起を有する既製杭を構成できるので、隣接する基礎杭で固化混合層を略同一深さに形成し、かつ固化前に施工できれば、隣接する固化混合層を相互に連結することもでき、相互連結群としてより強力な基礎杭構造を実現できる。

【0043】

(4) 固化混合層の外径と杭穴の根固め部の径とを略同一とすることにより、杭穴掘削工事が単純になり、制御プロセスが簡素化され、かつ掘削ヘッドの信頼性も向上する。また、固化混合層の外径を、基礎杭の外径の1.5倍以上にできる掘削ヘッドも容易に実現できる。

20

【0044】

また、施工地盤が硬い、あるいは密度が高い場合に、掘削ロッドに多少の排土機構を設け施工速度を高めた構成とした場合でも、本施工方法を組み合わせれば、従来に比べて大幅に排土量を低減できる。

【0045】

(5) また、先端金具を使用することが望ましいが、下端部に凹凸部を形成したコンクリート製の既製杭を採用して同様の高支持力を得ることができる効果がある。この場合、凹凸部を先端金具と同様な構成として、同様の施工方法を採用できるので、従来の先掘工法によって下端部に凹凸部を形成したコンクリート製の既製杭を埋設した場合と同様な根固め部を形成することにより、高支持力を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】図1(a)は、この発明の実施例の既製杭と掘削ロッドを表し、既製杭を破折した拡大正面図、(b)は、この発明の基礎杭構造である。

【図2】図2は、基礎杭構造の根固め部の拡大正面図で、(a)(b)はこの発明の実施例である。

【図3】図3は、この発明の、中掘工法を説明する縦断面図である。

40

【図4】図4(a)～(d)は、この発明の先端金具の支持面とせん断力の伝搬を説明する概略した縦断面図である。

【図5】図5は、この発明の実施に使用する他の掘削ヘッドの正面図である。

【図6】図6は、基礎杭構造の根固め部の拡大正面図で、先掘り工法で掘削した比較例を表す。

【発明を実施するための形態】

【0047】

この発明の基本的な実施形態について説明する。

【0048】

(1) 既製杭1を埋設する予定の地盤で、既製杭1の中空部2を挿通して突出した掘削ヘ

50

ツド 1 8 で、杭穴 2 8 を掘削しつつ、地盤をほぐして形成した杭穴 2 8 内に、既製杭 1 を下降して沈設する（図 3（a）～（c））。掘削ヘッド 1 8 で掘削する杭穴 2 8 の掘削径は、沈設する既製杭 1 の外径以上、例えば、1.4～1.5 倍程度の大径で地面 2 5 から掘削する。ここで、掘削時及び既製杭の沈設時に掘削土の排出をしないため、掘削ロッドの中間部においては、従来のような排土用の機能（スパイラル等）は必ずしも設ける必要はない。

【0049】

尚、地盤強度が高い地盤や土質の密度が非常に高い地盤等を掘削する際で、施工速度を上げたい場合には、既製杭の貫入抵抗を減らすために、掘削ロッドに部分的に通常のスパイラル（排土機能）を形成し、あるいは小径のスパイラル形成した構造とし、多少の排土をすることも有効である。 10

【0050】

この際、改良予定地盤に相当する地層 2 6 A、2 6 B を掘削する際には、掘削ヘッド 1 8 から掘削土内へ固化剤を注入しながら掘削・搅拌し所定固化強度の改良地盤を造成し、併行して順次、既製杭 1 を沈設する。

【0051】

従来の中掘工法では、既製杭 1 の外周には厚さ 1～2 cm の杭周固定液層を介して直ぐに地盤に至るが、この発明では、固化混合層においては、固化混合層が厚く形成され、固化混合層（外径）の外周全体が地盤に接する。

【0052】

例えば、既製杭 1 の外径 600 mm の場合、固化混合層の外径は 840～900 mm 程度となり、応力が伝搬する十分な厚さを確保するために、固化混合層の厚さ（上下方向の長さ）は強度上から 1 m 以上が望ましい。 20

【0053】

ここで、この発明の大径掘削により適切に地盤がほぐされ緩められるため、特に掘削土の排出をしないでも、外側面に凹凸のあるコンクリート製の既製杭も沈設ができるので、ほとんど排土のない基礎杭の造成ができる。もちろん、コンクリート製の既製杭より肉厚が薄い鋼管製の既製杭の方が沈設は容易となるので、鋼管製の既製杭を使用することもできる。また、固化剤等の注入分の掘削土の排出はあるので、固化混合層はできる限り少ない方が望ましい。 30

【0054】

(2) 固化剤として、例えば、高濃度のセメントミルクを使用し、掘削土内に注入し、掘削ヘッド 1 8 で搅拌混合して、固化混合層（ソイルセメント層）2 9 A、2 9 B を形成する。この場合、固化混合層（ソイルセメント層）2 9 A、2 9 B の内周面と既製杭 1 の外周面との付着強度が、固化混合層 2 9 A、2 9 B の外周面と原地盤面との付着強度より大きいことが、応力の伝搬性向上のために必要である。

【0055】

この既製杭 1 の外周に付着したドーナツ状の固化混合層 2 9 A、2 9 B が固化して、既製杭の環状突起として作用する。即ち、既製杭 1 に垂直荷重又は引抜力が固化混合層の上下面から上下の原地盤に対してせん断力の伝搬が図れ、鉛直支持力、引抜き力を増強する（図 1（b）鎖線矢示図示）。 40

【0056】

(3) 固化混合層を形成しない層では、掘削土に固化剤を注入しないので、既製杭 1 の外周には、ほぐされ緩められた掘削土が、そのまま沈設される既製杭の外周により押圧された状態で蓄積される。即ち、固化混合層 2 9 A と固化混合層 2 9 B との間の層（深度範囲）では、既製杭の外周側に放射状に押圧された掘削土層が形成される。

【0057】

(4) 以上のように、所定の深さ位置で固化混合層 2 9 A、2 9 B を形成しながら、所定深さまで杭穴 2 8 を掘削したならば（図 3（a）～（c））、続いて根固め部を形成する。即ち、根固め部では掘削ヘッド 1 8 の下端部から高濃度のセメントミルクを注入しなが 50

ら杭穴の下端部のみを攪拌混合して、必要により、掘削泥土を上方に押し上げ、根固め部内の掘削泥土をセメントミルクと置換等して、根固め層30を形成する(図3(d)(e))。根固め層30には、地盤強度以上の固化強度を有するセメントミルクを充填する。続いて、掘削ヘッド18を閉じて、既製杭1の中空部2を通って、地上25に引き上げる(図3(f))。

【0058】

同時に、セメントミルクで満たされた(ソイルセメント状で存在する)杭穴28の根固め部内に、既製杭1の先端部を沈設して、既製杭1の下面が根固め部の底から所定の長さだけ空ける。以上のようにして、既製杭1の埋設が完了し、セメントミルクが固化発現後に、基礎杭構造33を形成する(図1(b))。

10

【0059】

この場合、根固め部の強化のためには、掘削ヘッド18の本体部あるいは上部に揚土及び攪拌を目的とするスパイラルを設けた掘削ロッドを使用することもできる(図示していない)。根固め部からできるだけ掘削土を排除し、あるいは、十分にセメントミルクと掘削土を攪拌混合して、良質の根固め層30を形成するためである。

【0060】

(5) 本発明の中掘り工法で使用する既製杭1は、根固め部において形成されたセメントミルクからなる根固め層30内で、根固め層30と一体となり、高い鉛直支持力及び引抜き力を発揮するために、付着面積の大きい突起(あるいは、節、らせん翼)付き既製杭1が望ましい。特に、既製杭1を沈設する際の押し入れ抵抗が少なく容易に押し入れでき、かつ付着面積の大きくする為に、突起付き円筒形の鋼管本体6を基体とする先端金具13を、既製杭1の先端3に装着して構成することが望ましい。

20

【0061】

この中掘工法を採用する場合、使用する既製杭1の下端部に形成した、あるいは先端金具13に形成した大径の突起、例えば、比較的貫入抵抗の小さい構造で、かつ大径のらせん翼等を形成して、更に、高い支持力を有する基礎杭を構築することもできる。

【0062】

また、この先端金具13は、突起で付着面積を大きく取る為に、円筒形の鋼管本体6を既製杭1の外径より大きくせず、押し込み抵抗を小さくする為に突起外径は上部に装着する既製杭1の外径と同等又は外径以下とし、突起の個数は、必要とされる根固め層30との必要な付着面積に合致させた枚数にすることが、所要支持力のバランスの点から適当である。更に、既製杭1を沈設する際に、先端金具13の突起面への土泥が付着することを防ぎ、根固め層30内の付着を高める必要から、突起部の外径を既製杭1の外径より若干大きくして付着面積を増加したり、突起の上下面にテーパー状の傾斜を付けることが望ましい。

30

【0063】

また、突起面への土泥の付着を防止する処理をすることにより、根固め層30が固化後の初期沈下を防止できる。

【0064】

また、耐力を大きくするためには、先端金具13の突起の表面積は大きくすることが必要であるが、荷重時のせん断力伝搬の有効性および施工実務面では、その突起外径は逆に小さいことが必要である。従って、突起の基部に位置する鋼管本体6の外径は出来る限り小径とし、突起の外径は、既製杭を沈設する際に、貫入抵抗ができるだけ生じないように、上部に連結する既製杭1の外径と略同程度の寸法で余り大きくなり寸法とすることが望ましい。即ち、支持力に關与する突起面から生じるせん断力の伝搬を考慮した時は、少なくとも突起部の外側面(下面又は上面)に所要寸法形状で、地盤強度よりの高固化強度のソイルセメント層が形成されていることが必須であるからである。

40

【0065】

また、先端金具13の各部表面と根固め部の根固め層(ソイルセメント層)30との付着強度の確保のために、先端金具13の突起部の表面積を広くするよう設計しているが、

50

更に、施工時において、突起部表面に土泥が付着して両者の付着強度が低下することを防止することが必要である。特に、中掘工法では、先掘工法のようにソイルセメントが充填された杭穴内に既製杭1を沈設する場合と異なり、杭穴28を掘削してソイルセメントを形成している高さ位置（掘削ヘッド18の位置）の直上に既製杭1の先端3が位置しているので先端金具13と根固め層30との付着には配慮が必要である。従って、突起部の上下面は水平ではなく傾斜面であることが望ましいので節形状にしたり、あるいは沈設時に土泥が突起の上側面に巻き込まないように上部の杭外径より若干大きめ（外径大）の突起とするなど突起先端部の形状・寸法の工夫により支持力の確実かつ安定な発現が可能となる。

【0066】

10

(6) また、本発明の中掘工法で使用する掘削ロッド15は、開いた際に既製杭1の外径の1.4～1.5倍の外径で杭穴掘削でき、かつ縮径して既製杭1の中空部2を通過できるように、その内径以下の外径として閉じることができる掘削ヘッド18を使用する。即ち、掘削ヘッド18は、縮径時と拡径時の比の大きい構造を必要とする。例えば、ロッド本体16に接続できるヘッド本体19の両側に、先端に掘削刃22を有する掘削腕21を揺動自在に取り付けて構成する（図1（a））。従って、この掘削ヘッド18を使用すれば、既製杭1の先端金具の突起（あるいは、既製杭の下端部外周に形成した突起）の外径が既製杭の軸部の外径より大径となった場合であっても、貫入時の抵抗を考慮した形状（例えば、らせん翼等）であれば、既製杭1を杭穴28内に容易に貫入埋設できる。

【0067】

20

また、大きい拡径寸法が比較的容易に実現できる揺動式の掘削腕を利用した掘削ヘッドを使用した従来の中掘工法では、杭穴28の軸部での小径掘削（既製杭の外径+2cm程度）、杭穴28の拡底根固め部での大径掘削（既製杭の外径の約1.2倍程度）、掘削ヘッド18の引抜き時の縮径時（既製杭の内径以下）の3通りの制御ステップが必要であるが、本工法では、大径掘削・攪拌時と掘削ヘッド18の引抜きの2通りの制御ステップに減じているので、掘削ヘッド18の構造を簡素化でき、剛性強度の増強が可能となる。従って、大径掘削の制御が確実で安定化し信頼性が向上すると共に、補修や維持管理面でも安定化し経済的となる。

【0068】

30

尚、この工法で使用する掘削ヘッド18は、従来に比して、少なくとも既製杭1の外径の1.4～1.5倍の掘削径を必要とするので、掘削手段の制御ステップを2つとすることにより、掘削腕21を有する構造で、剛性強度の高い構造の掘削ヘッド18を用いることにより実現できた。

【0069】

また、掘削ロッド15のロッド本体16には、従来の中掘用ロッドのように排土を主目的としたスパイラルを省略することができる。杭穴28の芯及び既製杭1の中空部2の芯と掘削ロッド15の芯を合わせる為のスタビライザーの機能及び掘削ロッド15周辺の掘削土を攪拌する機能を有する部材を突設することが望ましい（図1（a））。

【0070】

40

(7) 本工法では、土質によっては、掘削径の大小を調節して（既製杭1の外径に対して、掘削ヘッド18の掘削径の比率を増減することで調節する）、既製杭1を速く沈設することができ、既製杭1の沈設速度を制御できるが、地盤の掘削及び粉碎性をより向上させるためには、大径掘削に適した掘削ヘッドが必要である。

【0071】

例えば、筒状のヘッド本体19に外筒41を昇降可能に取り付け、ヘッド本体19の上端部に上部腕42の上端、外筒41の下端部に下部腕43の下端を夫タピンで連結し、上部腕42の下端と下部腕43の上端とをピンで連結して、掘削ヘッド18を構成することもできる（図5）。この場合、上部腕42、下部腕43から掘削腕21を構成し、外筒41の下端に掘削刃20、20、上部腕43の下面側に掘削刃22、22が形成してある。

【0072】

50

この掘削ヘッドでは、外筒41とヘッド本体19とを相対的に上下動させ、掘削腕21の上部腕42と下部腕43とが重なるように（水平に近付くように）掘削径を拡大でき、駆動範囲が長く取れるので、通常の掘削ヘッドに比べて、縮径時（掘削腕21の上部腕42と下部腕43とが縦方向に配置された状態）即ち既製杭の外径に比べた比率が大きい掘削が可能であり、掘削刃も多段に形成できるので、粉碎性能も制御できる。従って、この掘削ヘッド18では、既製杭との杭径比で2倍以上の大径掘削・搅拌も可能となり、更に大きな支持力を発揮することが可能となる。

【0073】

また、掘削ヘッド18に、上下方向に複数のストッパーを設けることもでき（図示していない）、この場合には、異なる掘削径に容易に対応できる。よって、この掘削ヘッド18を使用することにより、掘削機（掘削ロッド15のロッド本体16）に一つの掘削ヘッド18を装着したまま、掘削位置を代えて異なる径の杭穴を形成する場合に、ストッパーの調節だけで、連続掘削が可能となる。また、1つの杭穴で、深さ方向で径が異なる軸部を有する杭穴を形成する場合にも、ストッパーの調節だけで、容易に掘削径の変更ができる、異なる径の固化混合層を有する基礎杭の構築も容易となる。

【0074】

(8) 以上のように、この発明では、既製杭1の外径の1.4～1.5倍程度に掘削して、所定の地盤では固化混合層を形成できるので、この高濃度のソイルセメントからなる固化混合層が、既製杭1の外周に形成される環状突起としても作用する。例えば、外径800mmの既製杭の場合、外径1120～1200mm程度の固化混合層が形成され、即ち、既製杭の外周に、突起高さ（水平方向の突出距離）160～200mmの環状突起を形成できる。

【0075】

この場合、既製杭1と固化混合層29A、29Bとは一体に作用するので、既製杭の外表面積を増加させて地盤との付着を増すと共に、既製杭1に鉛直荷重又は引抜力が作用した場合、固化混合層29A、29Bの上下面が応力伝搬面として作用し、当該上下面から軟弱地盤の上下に位置する地盤へ、せん断力が有効に伝搬して支持力を増強できる（図1（b））。

【0076】

このように、地盤を緩めたことにより既製杭の杭周部の摩擦力は低下するが、低下した既製杭の杭周部の摩擦力を、固化混合層等を適宜形成することにより、復元、補強することができ、更に、固化混合層29A、29Bと既製杭1の外面との付着を充分に高めるように施工すれば、従来の既製杭1の軸部で発揮される支持力の約2倍程度の支持力を得られる。

【0077】

また、既製杭の表面積が実質的に広くなり、既製杭の応力伝搬面積が広くなるので、周辺の弱い原地盤への伝搬荷重応力度（面積当たりの応力）を減少・緩和させ、基礎杭の耐荷重を増加させる。

【0078】

また、指定した地層の高さ位置で、その面積を広く掘削・搅拌し、固化混合層29A、29Bを形成した直後で固まる前に、順次、既製杭1を押し込むことにより、既製杭1の押し込み抵抗（貫入抵抗）が少なくなり、既製杭を容易に沈設できる。

【0079】

また、従来の中掘工法のように、掘削ロッドにスパイラル形状のような掘削土排出機構が不要となり、総排土量を低減できる。即ち、掘削径を従来より大幅に大径（例えば、既製杭の杭径に対して1.4倍以上）で地盤をほぐし緩めながら掘削し、既製杭を沈設すると、既製杭の外側面（外周面）で、ほぐした掘削土を略放射状に周辺の地盤に押し圧をかけながら既製杭を沈設し、基礎杭を構築するので、従来のように、掘削ロッドに排土機構を設けなくても既製杭の沈設ができる。

【0080】

10

20

30

40

50

(9) 先掘工法により拡底根固め部35を有する杭穴を掘削し、地盤強度より高い固化強度のソイルセメントを充填した拡底根固め部35内に、下部軸部36を細径にし、下部軸部36を含む下端部に環状突起37、37を形成した既製杭1を埋設して、基礎杭構造38を形成した場合、その環状突起37、37の表面からせん断力が充分に伝搬できるよう に築造すれば(図6)、従来の円筒状の既製杭で発揮する支持力に比較して、約2倍の支持力が得られることが確認されている。本発明の基礎杭構造33では、先端金具13を固着させた既製杭1又は環状突起37を形成した既製杭1を上記のような手順で埋設するので(図2(a)(b)、図3)、従来の先掘工法によるこの基礎杭構造38と同等の高い支持力を発現させることが可能である(図6)。

【0081】

10

従って、本発明では、中掘工法で、掘削径を既製杭の外径より大径(例えば、既製杭の外径の1.4倍以上)にすることにより、全体とし排土量を軽減できると共に、高い支持力が実現できる。

【実施例1】

【0082】

次ぎに、この発明の具体的な実施形態を実施例に基づいて説明する。

【0083】

[1] 既製杭1

【0084】

既製杭1として、下記形状・大きさの円筒形コンクリート杭を採用する。尚、必要耐力が大きい場合には、鋼管被覆コンクリート杭(SC杭)等を選択することもできる(図1(a)、図2(b))。

20

杭外径 $D_{01} = 800\text{ mm}$

杭肉厚 $t_{01} = 110\text{ mm}$

杭内径 $D_{02} = 580\text{ mm}$

杭長 $L_{01} = 19\text{ m}$

【0085】

[2] 先端金具13

【0086】

外径 D_{11} 、内径 D_{12} 、全長 L_{11} の鋼管本体(厚さ t_{11})6の上端部に、外径 D_{13} の大径部7を形成し、大径部7を既製杭1との連結部とする。大径部7は、上面8を水平平面状とし、下面9を徐々に小径とした部分円錐状の傾斜斜面を形成してある。連結部の外径、即ち、大径部7の外径 D_{13} は、接続するべき既製杭1の外径(D_{01} 下端部の外径)と略同一としてある。大径部7の幅(高さ)は L_{13} で形成されている。

30

【0087】

鋼管本体6の下端部外側面に、外径 D_{13} の円盤状(ドーナツ状)の環状突起10を突設する。環状突起10の上面11は、水平面状に形成し、下面12は部分円錐状の傾斜斜面を形成し、傾斜斜面の下端は鋼管本体6の下端に至っている。環状突起10の幅(高さ)は L_{13} で形成されている(図2(b))。

【0088】

40

以上のようにして、先端金具13を構成する(図2(b)、図1(a))。また大径部7と環状突起10との間隔は L_{12} で形成され、突起部長さ L_{14} ($= (D_{13} - D_{11}) \div 2$)とすると、支持面よりのせん断力の伝搬が障害なく作用するために、少なくとも

$$L_{12} > L_{14} \times \tan \quad L_{14} \times \tan 30^\circ = L_{14} \times 3$$

を満たすように形成されている。

【0089】

尚、寸法は、下記のように形成する。

- ・鋼管本体1 外径 $D_{11} = 610\text{ mm}$
- ・鋼管本体1 内径 $D_{12} = 572\text{ mm}$
- ・鋼管本体1 長さ $L_{11} = 749\text{ mm}$

50

- ・大径部 7 の幅 $L_{1,3} = 119\text{ mm}$
- ・大径部 7 と環状突起 10 との間隔 $L_{1,2} = 430\text{ mm}$

【0090】

また、前記実施例では、鋼管本体 6 の内径 $D_{1,2}$ は上部に連結する既製杭 1 の内径 $D_{0,2}$ と同一とし、鋼管本体 6 の厚さ $t_{1,1}$ を $15 \sim 40\text{ mm}$ 程度としているので、環状突起 10 の鋼材の節形状の外径 $D_{1,3}$ を上部の既製杭 1 の外径 $D_{0,1}$ 以上に設定でき、突起面積（ソイルセメントとの付着面積）が大きく取れる。従って、形成する環状突起 10 の数を 1 個増加するだけで、既製杭 1 を外径で 1 ランク上の既製杭 1 で発揮する支持力と同等の支持力を得られる。

【0091】

〔3〕掘削ロッド 15

【0092】

中空のロッド本体 16 の先端部に掘削ヘッド 18 を装着して、掘削ロッド 15 を構成する。掘削ヘッド 18 は、ロッド本体 16 に接続できるヘッド本体 19 の両側に、掘削腕 21、21 の上端部を揺動自在に取り付けて構成する（図 1 (a)）。ヘッド本体 19 は、中間部から下端部に向けて先細となるような扁平部を形成し、扁平部の先端に掘削刃 20、20 を突設してある。

【0093】

掘削腕 21 は、上端部が回転軸 24 でヘッド本体 19 に取付られ、中間部は下方に向けて、ヘッド本体 19 の扁平部に沿うように、ヘッド本体 19 に近付くように屈曲し、掘削刃 22、22 を形成した下端部は下方に向けて、掘削刃 22、22 と共に外側に向けて開くように屈曲してある。このような形状とすることにより、掘削腕 21、21 は、回転抵抗が小さくなり、揺動し易くかつ掘削ヘッド 18 全体がコンパクトとなり、既製杭の中空部を挿通することが容易となるので、大径掘削が容易となる。

【0094】

ヘッド本体 19 には、杭穴 28 の掘削径に対応して掘削腕 21、21 が揺動する範囲を制限するストッパー 23、23 が取り付けてある。

【0095】

また、ロッド本体 16 には、排土用のスパイラルを省略して、所定高さ（例えば 5 m）毎に、水平板 17、17 を直径対称に取り付けてある。水平板 17、17 は、掘削ロッド 15 の軸と、杭穴 28 の軸又は既製杭 1 の軸とを合わせる（センタリング）する為のスタビライザーの機能、掘削土の搅拌の機能等を合わせ持つ。

【0096】

この掘削ヘッド 18 では、作動態様は、杭穴 28 の掘削時（杭穴軸部掘削時、固化混合層を形成する掘削・搅拌時、根固め部掘削・搅拌時）及び既製杭 1 の中空部 2 を通過する時の 2 通りのステップ方式に簡素化してある。掘削腕 21 を揺動させて、既製杭 1 の外径の 1.5 倍（1200 mm）程度の外径で、掘削ロッド 15 に排土機構が無くても、確実かつ安定な掘削・搅拌を実現した。

【0097】

〔4〕中掘工法の説明

【0098】

(1) 既製杭 1 を埋設予定の地盤（主要部分は砂質土）は、地上 2.5 から、6.5 m ~ 7.5 m の厚さ 1 m 分、13.5 m ~ 14.5 m の厚さ 1 m 分、に設計上指定された 2 箇所の（例えば比較的弱い N 値 5 程度）地層 26A、26B が存在している（図 1 (b)、図 3）。

【0099】

(2) 先端金具 13 の大径部 7 の上面 8 を、既製杭 1 の先端 3（下端板の下面）に当て、大径部 7 と下端板とをボルトや溶接等で一体に固定して、先端金具 13 付きの既製杭 1 を構成する（図 2 (b)、図 1 (a)）。

【0100】

10

20

30

40

50

(3) 所定の掘削位置で、掘削ロッド 15 を、先端金具 12 付きの既製杭 1 の中空部 2、先端金具 13 の中空部 6a を挿通して、先端金具 13 の先端 14 から掘削ヘッド 18 を突出させる。

この状態で、既製杭 1 及び掘削ロッド 15 を鉛直に支持して、掘削ロッド 15 を回転させれば、掘削腕 21 がストッパー 23 で規制されるまで揺動し、その揺動角度を保ったまま、掘削腕の掘削刃 22、22、ヘッド本体 19 の掘削刃 20、20 で、杭穴 28 を掘削できる。先端金具 13 の先端 14 から突出した掘削ヘッド 18 で、既製杭 1 の外径より大径の杭穴 28 の軸部を掘削する。掘削しながら掘削ロッド 15 を下降すると共に引き続き、既製杭 1 を下降させる(図 3(a))。

【0101】

10

(4) 地上から 6.0 m 程度掘削した所で、掘削土中に、ヘッド本体 18 からセメントミルク(固化強度 20 N/mm² 程度)を注入し、掘削土と攪拌混合しながら約 2 m の間、掘削土とセメントミルクとを攪拌混合しながら掘削し、押し固めて、既製杭 1 の周囲にソイルセメント層 29A を形成する。ソイルセメント層(固化混合層)の形成は、設計上で指定された位置で行い、その地層 26A を含む上下高さを形成の対象とする。セメントミルクを注入するする際に、掘削ヘッド 18 を上下に昇降させれば、良く攪拌され、均質なソイルセメント層ができる。尚、ソイルセメント層(固化混合層) 29A は、固化強度 0.5 N/mm² 程度とする。

【0102】

20

また固化混合層を形成する高さ位置は、事前の標準貫入試験による N 値により概略把握できるので、その N 値が該当する高さ位置で固化混合層を形成することが望ましい。即ち、掘削中の掘削ロッド 15 を回転・昇降させるオーガーのモータの電流値を測定して、所定高さ範囲(例えば 50 cm)毎に積算して積算電流値を算出しておけば、標準貫入試験の N 値と同一の深度で地盤強度の比較ができ、当該積算電流値を示すその高さ位置が該当する改良すべき地盤になるので、前記 N 値と併用することにより、正確な深度区間で固化混合層を形成できる。

【0103】

(5) 形成したソイルセメント層 29A にも同様に、既製杭 1 を下降して、引き続き、掘削ロッド 15 を下降して、掘削ヘッド 18 で杭穴 28 を掘削しつつ既製杭 1 を下降する。

【0104】

30

(6) 設計で指定した地層 26B に対応して、地上から 13.0 m ~ 15.0 m の高さでも、同様に、ヘッド本体 19 からセメントミルクを吐出して、掘削土と攪拌混合して、ソイルセメント層(固化混合層) 29B を形成する(図 3(b))。以降同様に、セメントミルクを使用せずに、杭穴 28 を掘削する(図 3(c))。

このように、地盤改良等をしながら既製杭 1 を順次沈設するので、ソイルセメントの流出も阻止でき、固化混合層 29A、29B が確実に形成できる。

【0105】

(7) 支持地盤(N 値 30)である所定深さ(約 21 m)まで、杭穴掘削したならば、杭穴底 31 から高さ 2 m 程度の間で、セメントミルク(固化強度 20 N/mm² 程度)を注入しながら掘削ヘッド 18 を回転し昇降して、掘削土とセメントミルクとを攪拌混合しながら根固め層 30 を形成する(図 3(d) (e))。必要により、根固め部の底よりセメントミルクを吐出して掘削土を押し上げ、掘削土をセメントミルクに置換することもできる。

40

【0106】

(8) 周辺の地盤強度より高い固化強度 20 N/mm² 程度の根固め層 30 を形成したならば、掘削ロッド 15 を逆転して掘削腕 21、21 を閉じて、掘削ロッド 15 の回転を一旦止めて掘削腕 21、21 をヘッド本体 19 に沿って垂れた状態にする(この状態で、掘削ヘッド 18 の最大外径は既製杭 1 の内径 D_{0.2} 以下になっている)。続いて、掘削腕 21、21 が振れないように、掘削ロッド 15 をゆっくり回転して、根固め層 30 を攪拌しながら、掘削ヘッド 18 を掘削ロッド 15 と共に、先端金具 13 の中空部 6a 及び既製杭

50

1の中空部2を挿通して(図3(f))、地上に引き上げる。

【0107】

また、掘削ヘッド18のヘッド本体19で、掘削ロッド15が逆回転した際に掘削腕21、21が揺動する側に、ストッパーを取り付けておくこともでき(図示していない)、この場合には、逆回転させながら掘削ヘッド18を引き上げれば、既製杭1の中空部2の内壁を傷つけず、確実に掘削ヘッドを回収できる。

【0108】

(9) 続いて、あるいは掘削ロッド15の引き上げと並行して、既製杭1を下降して(図3(f))、先端金具13を根固め層30内に位置させ、先端金具13の先端(下端)14と杭穴底31とが既製杭1の軸部外径D₀₁程度の距離L₂₀(ここでは、約1mとした。図2(b))を空けた位置で、先端金具13付きの既製杭1を杭穴28内に保持する。

10

【0109】

ソイルセメント層29A、29B、根固め層30が固化発現後に、ソイルセメント層29A、29B及び根固め層30と既製杭1とが定着して一体に形成された基礎杭構造33を構築する(図1(b)、図2(b))。

【0110】

[5] 試験結果

【0111】

本基礎杭構造33の築造に際し、セメントミルク注入量に相当する量の僅かな排土量で、掘削土をほとんど排出しないので、周辺地盤強度も締め固められており、載荷試験においても高い支持力の9300kN(最大荷重)が得られている。また、沈下特性のばらつきの改善が期待できる。

20

【0112】

また、従来の中掘工法であって、本工法の先端金具13を使用せず、本工法の根固め層内の先端金具13の外径600mmと同一径により、上端から下端まで形成したコンクリート製の既製杭を使用した従来の中掘工法と比較する。外径600mmの既製杭を使用し、根固め層内に既製杭の先端部を同様に定着させた場合、同一地盤で、最大荷重が約3100kNであった。

【0113】

30

[6] 他の実施例

【0114】

(1) 前記実施例において、既製杭1を下降させるタイミングは、従来の中掘工法と同様に任意である。ただし、形成したソイルセメント層29A、29Bでは、当該層形成後に速やかに既製杭1を設置させることが望ましい。

【0115】

(2) また、前記実施例において、地層26A、26Bの2区間を改良し高濃度のソイルセメント層29A、29Bに置き換えた固化混合層を形成したが、N値の大小に関わらず他の区間にも高濃度のソイルセメント層を適宜形成し、軸部の支持力を増強させることが可能である(図示していない)。また、前記実施例では、特にN値の小さい区間のみ固化混合層を形成して、少ない処理で支持力増強効果の高い総合的な固化混合層を造成したが、施工地盤によっては、杭穴28の全深さに亘って固化強度0.5N/mm²以下で固化混合層を形成し、更に良くない地盤において高固化強度の例えば1.0N/mm²程度のソイルセメント層(固化混合層)を形成することも可能である。

40

【0116】

ただし、新たに杭穴内に注入したセメントミルク等の分だけ、掘削土が杭穴より排出されるので、掘削土等の排出物を少なくするためには、セメントミルク等の注入を極力減らすことが望ましい。

【0117】

(3) また、前記実施例において、下端に先端金具13を固定した既製杭1を埋設したが

50

、先端金具 13 を用いない他の既製杭 1 を使用することもできる。

【0118】

既製杭 1 として、下端部に上部軸部 34 より細くした下部軸部 36 を形成し、上部軸部 34 と下部軸部 36 の段差部分（境界部分）、段差部分の上方、段差部分の下方（下部軸部の下部）に環状突起 37、37 を夫々形成する。必要耐力が大きい場合には、連結杭として、下杭を上記既製杭として、上杭を鋼管被覆コンクリート杭（SC 杭）等を選択することもできる（図 2（a））。尚、上記における上部軸部 34 とは、軸部の下端部に形成した下部軸部 36 を除いた部分であって、中間部を含む軸部である。

【0119】

- ・杭外径（軸部） $D_{01} = 700 \text{ mm}$
- ・杭肉厚 $t_{01} = 100 \text{ mm}$
- ・杭内径 $D_{02} = 500 \text{ mm}$
- ・下部軸部の外径 $D_{11} = 600 \text{ mm}$
- ・環状突起 37 の外径 $D_{13} = 750 \text{ mm}$
- ・杭穴の掘削径 $D_{21} = 1100 \text{ mm}$
- ・杭の先端部が位置する地盤の N 値 = 30

10

【0120】

この場合、環状突起 37、37 の間隔 L_{12} 及び下部軸部 36 からの環状突起 37 の長さ L_{14} は、前記実施例の大径部 7 と環状突起 10 との間隔 L_{12} と同様に設定する。また、環状突起 37 は、傾斜上面 37a、傾斜下面 37b を有し、傾斜下面 37b は鋼管本体 6 の大径部の下面 9 や環状突起 10 の下面 12 と同様の機能を有するように設定する。傾斜上面 37a も同様に形成されている。

20

【0121】

また、前記において、環状突起 37 の長さ L_{14} は、上部軸部 34 の外面より突設しない範囲で、環状突起 37 の傾斜上下面 37a、37b をできるだけ広く確保できる構成とすることもでき、上記のような L_{12} との関係で設定する。

【0122】

この先端金具 13 を使用せずに、環状突起 37 を形成した既製杭 1 を使用して、前記実施例と同様の施工により形成した基礎杭構造 33 の場合（図 2（a））、同様の載荷試験を行った結果、最大荷重で 7492 kN の高い支持力が得られている。これを、根固め部内の環状突起 37、環状突起 10 の径の相違を考慮した単位断面積あたりの支持力で比較すると、前記先端金具 13 を使用した基礎杭構造 33 の場合（図 2（b））は 618 kN / m²、環状突起 37 付きの既製杭 1 の場合（図 2（a））は 565 kN / m² で、同程度の支持力が期待できる。

30

【0123】

また、この既製杭 1 は、前記実施例の先端金具 13 を固定した既製杭 1 と同様の工程で杭穴 28 内に埋設して、基礎杭構造 33 を構成する（図 2（a））。尚、この場合、環状突起 37 の先端外周が最も外径が大きくなるので、土泥が付着し易いので、適当な方法で環状突起 37、37 を被覆すれば（図示していない）、根固め層 30 内で安定したより大きな支持力が発揮できる。

40

【0124】

この既製杭 1 で、環状突起 37 に代えて、環状突起を切断した環状でない突起、あるいは分散的に配置した突起から凸部を形成することもできる（図示していない）。また、この既製杭 1 で、傾斜上面 37a、傾斜下面 37b と同様な機能を有すれば、環状突起（凸部）37 に代えて、環状凹部を形成することもできる（図示していない）。

【0125】

(4) また、前記実施例において、ロッド本体 16 に排土用のスパイラルを形成していない掘削ロッド 15 を使用することが排土を減らす点からは望ましいが、部分的に排土用のスパイラルをロッド本体 16 に形成し、あるいは、通常より外径が小さなスパイラルをロッド本体 16 の一部又は全部に形成した掘削ロッドを使用することもできる（図示してい

50

ない）。これは、地盤強度が高い部分で掘削速度を速めることを優先する場合や、根固め部内からできるだけ掘削土を排除することを優先する場合等に有効である。

【0126】

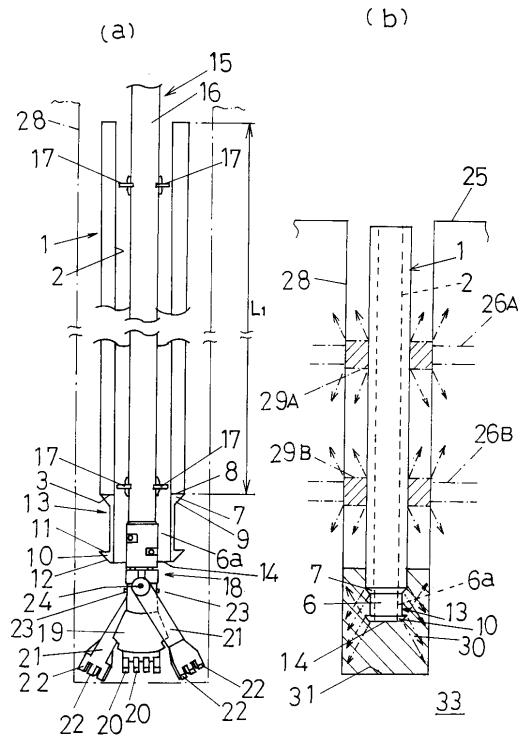
従って、前記発明の杭径より大径の杭穴掘削時に、掘削ロッドに多少の排土機構を設けて、排土量を制御することにより、施工速度と排土量（排土処理量）とを適宜組み合わせることができ、従来より経済的な基礎杭が施工できることが分かる。

【符号の説明】

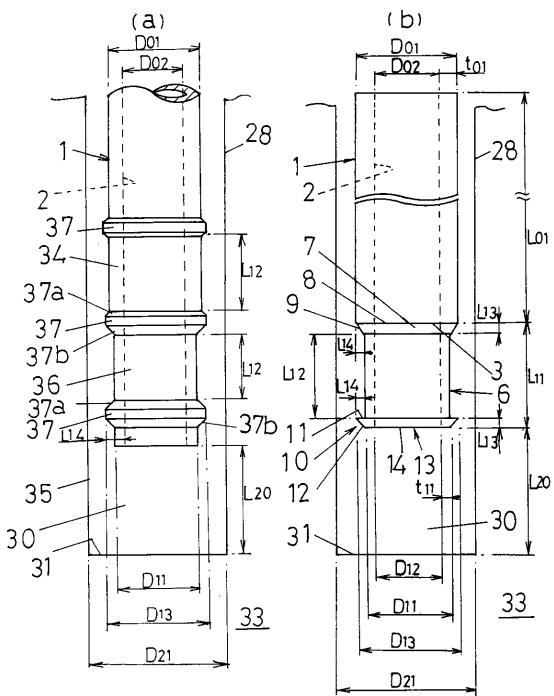
【0127】

1	既製杭	
2	既製杭の中空部	10
3	既製杭の先端	
6	鋼管本体	
7	大径部	
8	大径部の上面	
9	大径部の下面	
10	環状突起	
11	環状突起の上面	
12	環状突起の下面	
13	先端金具	
15	掘削ロッド	20
16	ロッド本体	
17	水平板	
18	掘削ヘッド	
19	ヘッド本体	
20	掘削刃	
21	掘削腕	
22	掘削刃	
23	ストッパー	
24	回転軸	
25	地面	30
26A、26B	地層	
28	杭穴	
29A、29A	固化混合層	
30	根固め層	
31	杭穴底	
33	基礎杭構造	
34	上部軸部	
36	下部軸部	
37	環状突起	
38	基礎杭構造（従来）	40
41	外筒	
42	上部腕	
43	下部腕	

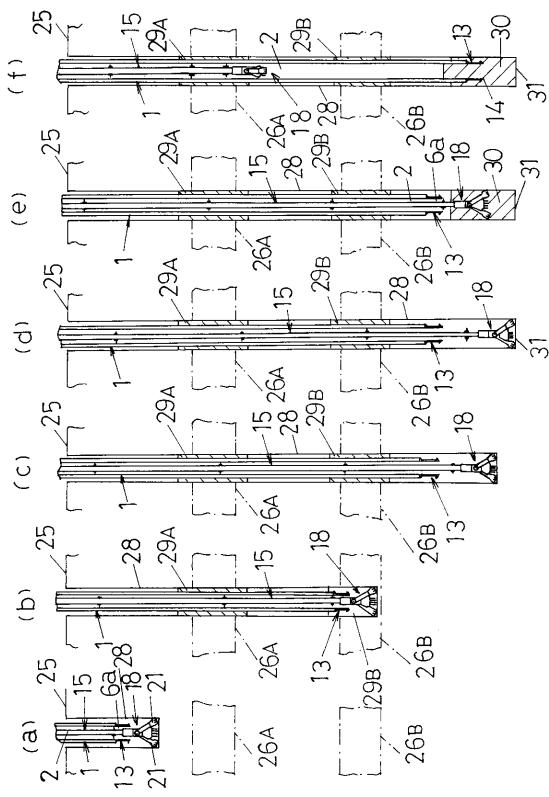
【 図 1 】



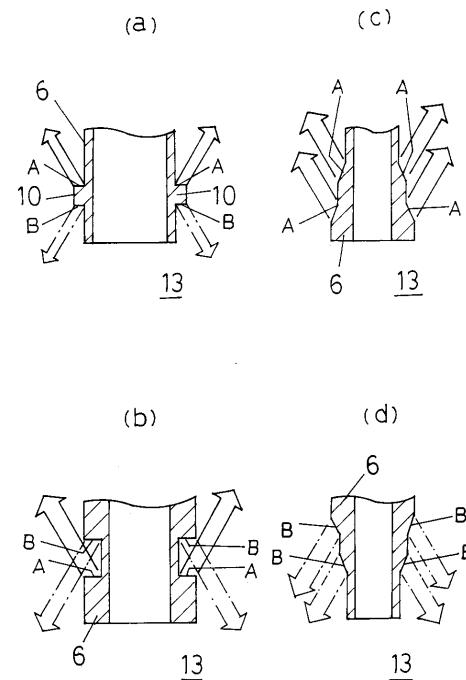
【 図 2 】



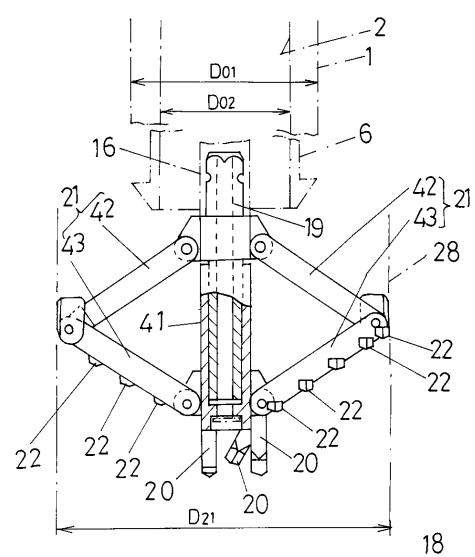
【図3】



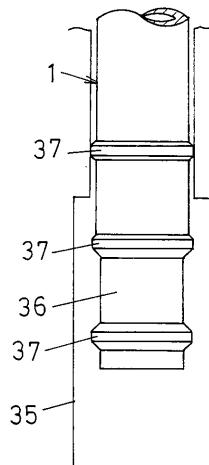
【 四 4 】



〔 四 5 〕



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 草野 顯子

(56)参考文献 特開平06-026036 (JP, A)
特開2002-227193 (JP, A)
特開平03-262820 (JP, A)
特開2000-144727 (JP, A)
特開昭58-185826 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E 02 D 7 / 00 - 13 / 10
E 02 D 5 / 22 - 80
E 21 B 1 / 00 - 49 / 10