

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号

特許第7174388号
(P7174388)

(45)発行日 令和4年11月17日(2022.11.17)

(24)登録日 令和4年11月9日(2022.11.9)

(51)Int. Cl.	F I	
E 0 2 D 3/12 (2006.01)	E 0 2 D 3/12	1 0 1
E 0 2 D 3/02 (2006.01)	E 0 2 D 3/02	1 0 3

請求項の数 8 (全 10 頁)

(21)出願番号	特願2022-16157(P2022-16157)	(73)特許権者	000162652
(22)出願日	令和4年2月4日(2022.2.4)		強化土エンジニアリング株式会社
審査請求日	令和4年3月1日(2022.3.1)		東京都文京区本郷3-15-1
特許法第30条第2項適用	(1)ウェブサイトの掲載日:令和4年2月4日 (2)ウェブサイトのアドレス(URL):https://ldrv.ms/u/s!AvfnHU10tD2ukRrp7YnnGxLea9GV?e=snQHq8	(73)特許権者	592254526
早期審査対象出願			学校法人五島育英会
		(74)代理人	100087491
			弁理士 久門 享
		(74)代理人	100104271
			弁理士 久門 保子
		(72)発明者	佐々木 隆光
			東京都文京区本郷3丁目15番1号 強化土エンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 静的締固め工法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

地盤改良の対象となる地盤内に圧入管を挿入し、前記圧入管から地盤内に締固め材料としての砂または流動化砂を圧入して地盤改良を行う静的締固め工法において、前記締固め材料を圧送する圧入管の外周に突起物が設けられており、前記突起物を介して地盤に繰返し載荷を与えつつ、同時に前記圧入管から地盤内に締固め材料を圧入することを特徴とする静的締固め工法。

【請求項2】

請求項1記載の静的締固め工法において、前記圧入管の軸回りの回転に伴い、前記突起物が前記圧入管の軸回りに回転することを特徴とする静的締固め工法。

【請求項3】

請求項2記載の静的締固め工法において、前記突起物は螺旋状の羽根であることを特徴とする静的締固め工法。

【請求項4】

請求項2または3記載の静的締固め工法において、前記圧入管の正回転と逆回転を併用し、前記突起物から地盤に繰返し載荷を継続しながら締固め材料を圧入することを特徴とする静的締固め工法。

【請求項5】

地盤改良の対象となる地盤に繰返し載荷を与えつつ、同時に地盤内に締固め材料としての砂または流動化砂を圧入して地盤改良を行う静的締固め工法に用いるための圧入管であ

って、前記圧入管の外周に突起物が設けられていることを特徴とする静的締固め工法用圧入管。

【請求項 6】

請求項 5 記載の静的締固め工法用圧入管において、前記突起物は螺旋状の羽根であることを特徴とする静的締固め工法用圧入管。

【請求項 7】

請求項 5 記載の静的締固め工法用圧入管において、前記突起物は前記圧入管の径方向に拡大または拡径する機構を備えていることを特徴とする静的締固め工法用圧入管。

【請求項 8】

請求項 5 ~ 7 の何れかに記載の静的締固め工法用圧入管において、前記圧入管が多重管構造であることを特徴とする静的締固め工法用圧入管。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地盤の支持力増加や液状化防止を期待する静的締固め工法の一つであり、地盤に繰返し載荷を行いながら締固め材料の圧入を行うようにした静的締固め工法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

地盤の支持力増加や液状化防止を目的とした地盤改良工法の一つとして、密度を増加させる締固め工法があり、大きく分けると動的エネルギーによって締固めを行う動的締固め工法と、静的エネルギーによって締固めを行う静的締固め工法に分類がされている。

20

【0003】

動的締固め工法の代表としては、サンドコンパクションパイル工法が挙げられる。サンドコンパクションパイル工法はケーシングパイプの引抜・打ち戻しを繰り返すとともに、バイプロハンマー（起震機）を用いることによって砂を圧入し、砂杭を強制的に造成する工法である。これによって、砂質地盤では密度増加による支持力・せん断強度の増加および液状化防止の効果が期待でき、粘性土地盤では圧密促進、せん断強度の増加が期待できる。

【0004】

30

サンドコンパクションパイル工法は施工費用が安価であることより国内における施工実績が多いが、使用する機材が大型であることや、振動・騒音が大きいことから、既設構造物直下や既設構造物近傍での施工は困難である。

【0005】

この、大型機械の使用および振動・騒音の問題を改善した締固め工法として、低流動性モルタルや砂または流動化砂を地盤に圧入するコンパクショングラウチング工法や砂圧入式静的締固め工法などの静的締固め工法が開発されている。

【0006】

従来の静的締固め工法においては、動的締固め工法の欠点である、大型な機械設備の必要性や大きな振動・騒音の問題が改善されている一方、静的に締め固めるため、深層部では非常に高い圧送圧力を要することや、浅層部においては施工に伴う地盤の隆起が課題となっている。

40

【0007】

そこで、これらの静的締固め工法においては、一度圧入した材料に対し、ケーシングパイプの貫入・引抜を繰り返すことによって強制的に地盤を押し広げる工夫がなされている（特許文献 1、非特許文献 1、非特許文献 2）。

【0008】

しかし、材料の圧入と圧入された材料へのケーシングパイプの貫入・引抜による繰返し載荷が独立した工程となっているため、作業効率が悪く、施工速度が低下する傾向にある。

【 0 0 0 9 】

このような背景より、特許文献 2、非特許文献 3 のような圧入工程と繰り返し載荷を同時に行う工法として、地盤内で円柱状のゴムバッグを膨張・収縮させることにより、地盤に繰り返し載荷を行いながら締固め材料を地盤に圧入する工法が開発されているが、より効率が高く、確実な施工性が確保できる方法の確立が期待されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 特許文献 1 】 特許第 5 5 9 8 9 9 9 号公報

【 特許文献 2 】 特許第 6 3 9 5 2 3 8 号公報

10

【 非特許文献 】

【 0 0 1 1 】

【 非特許文献 1 】 竹之内寛至、佐々真志、山崎浩之、足立雅樹、高田圭太、岡田宙、金子誓、「新たなCPG工法の隆起抑制メカニズムと施工能率向上の検討」、2018年、土木学会論文集B3(海洋開発)、Vol.74、No.2、pp.1 886 | 891

【 非特許文献 2 】 木下洋樹、磯谷修二、大林淳、新川直利、「SAVEコンポーザー - 静的締固め砂杭工法 -」、2011年、建設機械、Vol.51、No.11、pp.49 54

【 非特許文献 3 】 山下雄輔、末政直晃、伊藤和也、田中剛、佐々木隆光、「静的締固め工法における繰り返し効果の評価に関する模型実験」、2018年、第53回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.819 820

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

上述のように、非特許文献 1 および非特許文献 2 などに記載されている既往の静的締固め工法では、締固め材料の圧入を行った後にケーシングパイプを上下動させ繰り返し載荷を行っているが、これらが独立した工程となっているため、作業性および施工速度が低下する傾向にある。

【 0 0 1 3 】

一方、圧入と繰り返し載荷の工程を同時に行える静的締固め工法としては、特許文献 2 があり、圧入管に取付けられた円柱状のゴムスリーブが膨張・収縮することにより地盤に繰り返し載荷を行いながら、締固め材料を圧入する特徴がある。これによって、施工性および施工速度が改善されている。

30

【 0 0 1 4 】

しかし、地盤内の密度に異方性がある場合、ゴムスリーブが偏心することにより、均質に締固めが行えない場合や、地盤の密度が極端に低い条件では想定以上に膨張しゴムスリーブが破裂することや、尖りがある礫分を含む地盤条件では、ゴムスリーブが破損する恐れがある。

【 0 0 1 5 】

本発明は従来技術における上述のような課題の解決を図ったものであり、より効率が高く、確実な施工性が確保できる静的締固め工法を提供することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

本発明は、地盤改良の対象となる地盤内に圧入管を挿入し、前記圧入管から地盤内に締固め材料を圧入して地盤改良を行う静的締固め工法において、前記締固め材料を圧送する圧入管の外周に突起物が設けられており、前記突起物を介して地盤に繰り返し載荷を与えつつ、前記圧入管から地盤内に締固め材料を圧入することを特徴とするものである。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の静的締固め工法用圧入管は、地盤改良の対象となる地盤内に締固め材料を圧入して地盤改良を行う静的締固め工法に用いるための圧入管であって、前記圧入管の外周に突起物が設けられていることを特徴とするものである。

50

【0018】

締固め材料としては、従来の静的締固め工法に用いられている締固め材料と同様の粒状体または低流動性の材料、例えば、砂、流動化砂などを用いることができる。

【0019】

圧入管の外周に設けられた突起物は、地盤内に挿入される圧入管を軸回りに回転させることにより、圧入管とともに地盤内で回転させることができる。

【0020】

また、圧入管の回転に関しては、正回転と逆回転を併用し、突起物から地盤に繰返し載荷を継続しながら締固め材料を圧入するようにすることで、より効率的に締固めを行うことができる。

【0021】

突起物としては、圧入管の外周面に固定される螺旋状の羽根や、圧入管の径方向に拡大または拡径する機構を備えたものなどを用いることができる。

【0022】

また、圧入管は単管形式のものに限らず、多重管構造の圧入管を用いることもできる。

【0023】

本発明の静的締固め工法は、上述のような構成からなり、単管または多重管構造の圧入管の外周に突起物としての螺旋状の羽根、あるいは圧入管の径方向に拡大または拡径する機構の突起物を備えており、地盤内への圧入管の挿入あるいはその回転運動によって、地盤に対し繰返し載荷を行うことができる。

【0024】

この繰返しの効果は、排水条件下では、図1、図2に示すように、砂地盤はある一定の応力を繰返し載荷すると体積ひずみがマイナス値を示し、地盤を締め固める効果が得られる。

【0025】

図1は排水条件下での三軸排水繰返し載荷試験における繰返しせん断応力比と体積ひずみの時間変化を示すグラフである。図2は排水条件下における繰返し載荷に伴う軸ひずみと体積ひずみの関係を示すグラフである。

【0026】

一方、非排水条件下では、図3、図4に示すように、繰返し載荷を行うと過剰間隙水圧が上昇し、有効応力が低下する。なお、繰返し載荷を継続すると、完全に有効応力を消失し、液状化に至る。

【0027】

図3は非排水条件下での三軸排水繰返し載荷試験における繰返しせん断応力比と過剰間隙水圧比の時間変化を示すグラフである。図4は横軸に有効平均主応力、縦軸に軸差応力をとった非排水条件下における有効応力経路図である。

【0028】

従って、この状態にて圧入管の内側を通して締固め材料を圧送し、地盤に圧入することによって地盤を容易に締め固めることが可能となる。

【0029】

これによって、特許文献1、非特許文献1、非特許文献2記載の発明では、締固めと繰返し載荷の工程が独立していたものを同時に行うことができる。また、特許文献2記載の発明では、出来形の偏芯やゴムスリーブの破裂・破損の可能性があったが、本発明では機械的・強制的に繰返し載荷を行うことができるため、确实・均質な締固め効果を得られるようになる。

【0030】

本発明では、圧入管に取付けられた羽根などの突起物が回転・上下運動をすることにより、地盤に繰返し載荷を与え、砂粒子にダイレイションが生じやすい状態、あるいは局所的液状化状態とする。

【0031】

10

20

30

40

50

載荷荷重の方向は、地盤に水平、または水平から下部方向に加えられることが望ましい。そしてこの状態にて砂礫や骨材等の粒状体や低流動性材料、流動化した砂などの締め固め材を地盤に圧入することにより、地盤を効果的に締め固めることができる。これによって、深層部では低圧で材料を圧入することが可能となり、浅層部では地盤の水平方向へ広がりやすくなるため、地表面の隆起が低減される。

【発明の効果】

【0032】

圧入管に取付けられた羽根などの突起物により地盤に繰返し載荷が行われ、次の現象が期待される。

- (1) 過剰間隙水圧の上昇に伴う有効応力の低下。
- (2) 局所的な液状化現象。
- (3) 細粒分を含む場合、粘着力の低下。

10

【0033】

これらの現象はいずれも地盤のせん断抵抗が低減するものであり、この状態にて締め固め材料を圧入することにより、次の効果が期待できる。

- (1) 確実な改良効果。
- (2) 圧入圧力の低減。
- (3) 広範囲の締め固め。
- (4) 隆起抑制。

【図面の簡単な説明】

20

【0034】

【図1】排水条件下での三軸排水繰返し載荷試験における繰返しせん断応力比と体積ひずみの時間変化を示すグラフである。

【図2】排水条件下における繰返し載荷に伴う軸ひずみと体積ひずみの関係を示すグラフである。

【図3】非排水条件下での三軸排水繰返し載荷試験における繰返しせん断応力比と過剰感激水圧比の時間変化を示すグラフである。

【図4】非排水条件下における有効応力経路図である。

【図5】圧入管の一実施形態（単管式）を示す正面図である。

【図6】圧入管の他の実施形態（二重管拡翼型Ⅰ）を示す正面図である。

30

【図7】圧入管のさらに他の実施形態（二重管拡翼型Ⅱ）を示す正面図である。

【図8】圧入管のさらに他の実施形態（二重管拡径型）を示す正面図である。

【図9】単管式の圧入管を用いた施工手順（S1～S6）の一例を示す断面図である。

【図10】貫入速度の定義に関する説明図である。

【図11】実験模型土槽の説明図である。

【図12】正回転による繰返し載荷に伴う水平応力の増減を示すグラフである。

【図13】逆回転による繰返し載荷に伴う水平応力の増減を示すグラフである。

【図14】繰返し載荷を伴わない圧入における圧入圧力と圧入量の関係を示すグラフである。

【図15】繰返し載荷を伴う圧入における圧入圧力と圧入量の関係を示すグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、本発明の具体的な実施形態を、図5～図9を参照して説明する。

図5～図8は圧入管1の例を示したものである。

【0036】

図5は単管2に螺旋状の羽根3が取付けられたものであり、この羽根3の効果は、圧入管1の回転による地盤への繰返し載荷の効果のほかに、地盤への圧入管1の挿入をスムーズに行う機能もある。

【0037】

単管式の施工方法は、例えば、以下の手順（ステップ）S1～S6ように行うことがで

50

きる（図9参照）。

S 1：圧入機械を所定の位置に設置する。

S 2：所定の回転数（正回転）および速度で圧入管1を地盤に貫入して行く。

S 3：所定の深度まで圧入管1を貫入する。

S 4：正回転および逆回転を併用しながら、圧入管1から砂礫などの粒状体や低流動性材料、流動化砂などの締固め材料を圧入する。

S 5：圧入管1を逆回転させながら引き上げる。

S 6：上記（4）、（5）の工程を繰返し、所定の範囲を締め固める。

【0038】

なお、回転方向と貫入速度の定義は、図10に示すように、回転に伴い地盤深さ方向へ掘進するものを正回転とし、貫入速度とは一回転当たりの貫入量を羽根のピッチで除した値である。従って、正の回転と地盤の深さ方向の値をプラスとすると、図9のS2およびS5においては、貫入速度S/Pは1が最適な値となる。

【0039】

また、貫入速度S/Pが1以上の時、圧入管周辺の地盤は下側に、貫入速度S/Pが1以下では上側に押される傾向にあるため、図9のS4およびS6においては地表面変位を計測しながら正・逆回転を併用することが有効である。

【0040】

このように、圧入管の回転運動を正回転、逆回転を併用しながら繰返し载荷を継続しながら、締固め材料を圧入することができる。

【0041】

図6、図7は二重管拡翼型の圧入管1の例であるが、これは二重管の内管2aをスライドさせることにより地盤内で拡翼4（図6）または拡翼5a、5b（図7）が拡がるものである。よって、施工は所定深度まで削孔を行った後、羽根を拡げ、その後の工程は図9のS4以降と同様である。ただし、圧入管1を引き上げる際は、一度、羽根を格納したのちに行うことが望ましい。

【0042】

また、図8は二重管拡径型のものであり、内管2aを押し込むことによって縦方向に分割された先端部の拡径部6a、6bが横方向へ拡径する構造となっている。

【0043】

以下に、模型実験における結果を説明する。

図11は模型実験土槽であり、圧入管先端は地表面より175mmの深度にある。その圧入管の外径は19mmであり、先端にはピッチが7.7mm、外径が35mmの羽根が設けられている。

【0044】

また、地盤内には圧入管先端の深度で、管より40mm、60mm、80mm離れた位置に土圧計が設置されている。

【0045】

実験では、初めに圧入管の回転により繰返し载荷が地盤に行えることを確認する目的で、正回転と逆回転の条件にて土圧の測定を行った。

【0046】

図12は正回転による繰返し载荷に伴い発生した土圧の時刻歴である。いずれの位置の土圧計も初期値を中心に増減が繰り返される傾向にあり、羽根の回転によって繰返し载荷が行われていることが確認できる。また、土圧計の位置に着目すると、圧入管に近い位置ほど、土圧の増減が大きい。

【0047】

一方、図13は逆回転による土圧の時刻歴であるが、土圧は増減を繰り返しながら初期値より増加していく傾向を示している。これは、羽根の回転によって羽根上部にある砂が下方方向に取り込められようとするが、圧入管は上下方向の変位を拘束されているため、横方向への土圧が大きくなったものである。

【0048】

10

20

30

40

50

このことより、回転方向によって得られる効果は異なり、施工状況に応じて適切な回転方向を決定するとより効果的な締固めが行えるものと考えられる。

【0049】

具体的には、深度が深く高い圧力が必要な場合には、正回転で横方向へ载荷することが理想的であり、深度が浅く、地盤隆起の懸念がある場合には、逆回転によって強制的に下方へ締固められることが理想的である。

【0050】

図14は圧入管を回転せず、可塑状ゲルを圧入したときの、圧入量と圧入圧量および地表面変位の関係である。圧入圧力は圧入に伴い増加する傾向を示す。また、地表面変位は圧入初期より隆起する傾向にあった。

10

【0051】

一方、図15は圧入管を逆回転させながら可塑状ゲルを圧入した結果であるが、圧入圧力は繰返し载荷を行わなかったものと比較して低い傾向にある。また、地表面変位は初期において沈下する傾向にあり、その後隆起する傾向にあったが、最終的な地表面変位は0m程度となっている。

【0052】

このように、繰返し载荷を地盤に与えることによって、低い圧入圧力で施工が行えることや、隆起の抑制効果があることを確認した。

【符号の説明】

【0053】

1 圧入管、2 単管、2 a 内管、2 b 外管、3 羽根、4 拡翼、5 a、5 b 拡翼、6 a、6 b 拡径部

20

【要約】 (修正有)

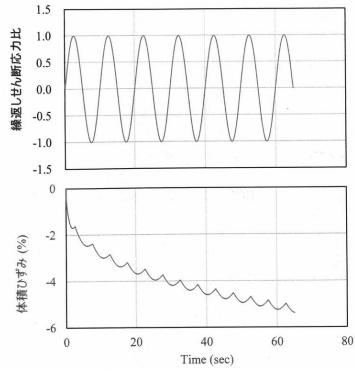
【課題】動的締固め工法の欠点である、大型な機械設備や大きな振動・騒音が改善された静的締固め工法について、より高い効率で、確実な施工性が確保できる静的締固め工法を提供する

【解決手段】地盤改良の対象となる地盤内に圧入管1を挿入し、圧入管1から地盤内に締固め材料を圧入して地盤改良を行う静的締固め工法において、締固め材料を圧送する圧入管1の外周に螺旋状の羽根3などの突起物を設け、突起物を介して地盤に繰返し载荷を与えつつ、圧入管1から地盤内に締固め材料を圧入する。圧入管1に取り付けられた羽根3が回転・上下運動をすることにより、地盤に繰返し载荷を与え、砂粒子にダイレイションが生じやすい状態、あるいは局所的液状化状態となる。この状態で砂礫や骨材等の粒状体、あるいは低流動性材料、流動化した砂などの締固め材料を地盤に圧入することにより、地盤を効率的に締め固めることができる。

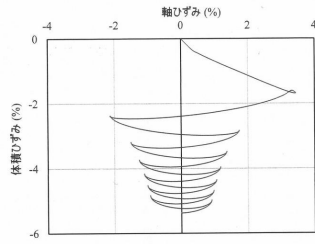
30

【選択図】図9

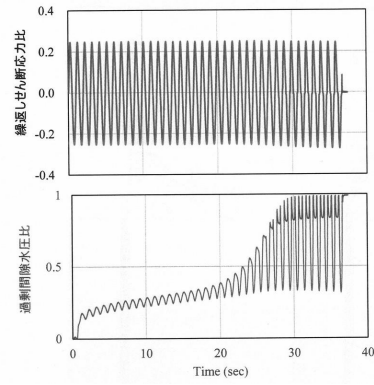
【図1】



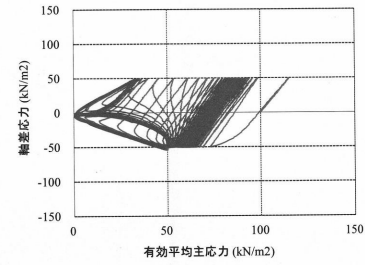
【図2】



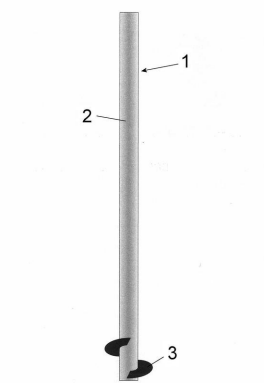
【図3】



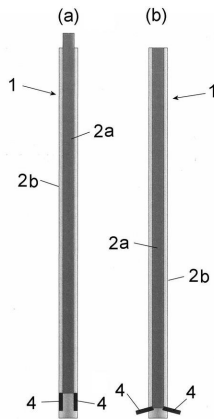
【図4】



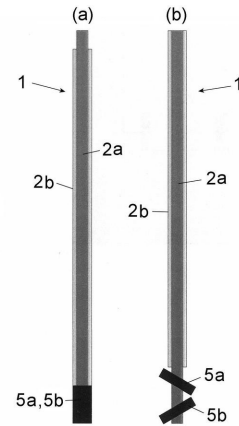
【図5】



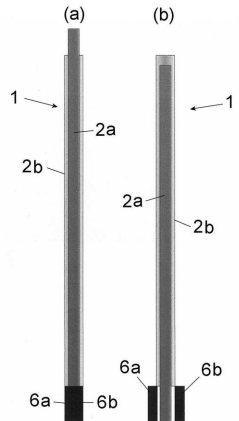
【図6】



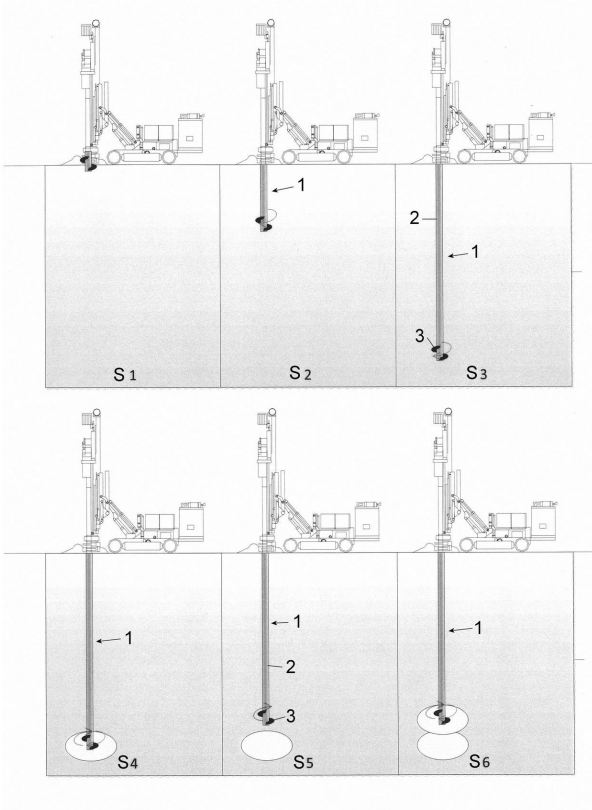
【図7】



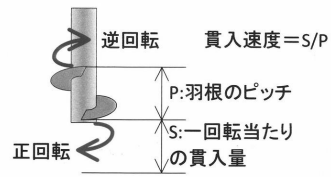
【図8】



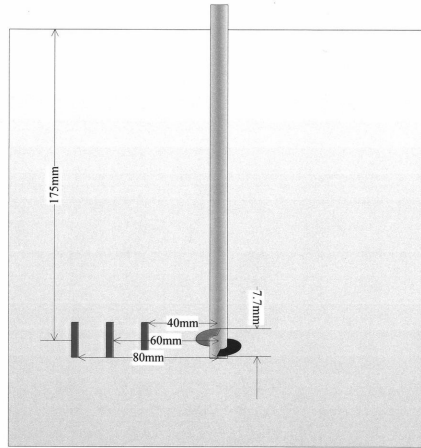
【 図 9 】



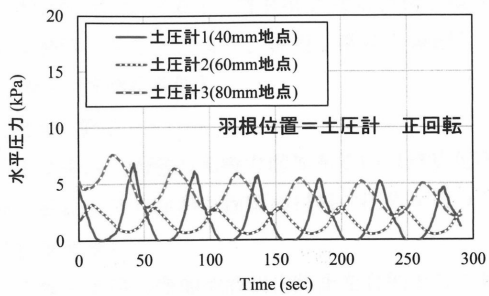
【 図 1 0 】



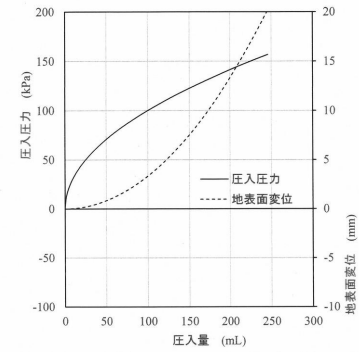
【 図 1 1 】



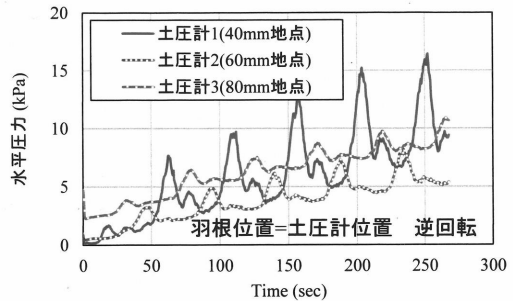
【 図 1 2 】



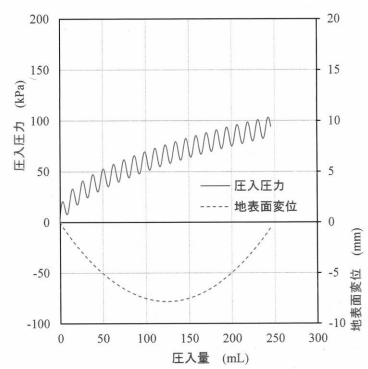
【 図 1 4 】



【 図 1 3 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 島田 俊介

東京都文京区本郷3丁目15番1号 強化土エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 未政 直晃

東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号 東京都市大学内

(72)発明者 田中 剛

東京都世田谷区玉堤1丁目28番1号 東京都市大学内

審査官 湯本 照基

(56)参考文献 特開平06-200521(JP,A)

特許第6395238(JP,B1)

特開昭54-128112(JP,A)

特開昭59-220523(JP,A)

特許第5598999(JP,B2)

特開平02-167918(JP,A)

特開2017-053118(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E02D 3/12

E02D 3/02