

明 細 書

発明の名称：地盤の改良工法

技術分野

[0001] 本発明は、軟弱地盤の間隙水吸引と衝撃付与による地盤の改良工法に関する。

背景技術

[0002] 本出願人は、特許文献 1 において、飽和地下水を負圧伝播で揚水する SWP（スーパーウェルポイント）を用いた地盤の改良工法を提案した。

これは、地盤に埋設され下端に透水性のストレーナ部を有して外周にフィルターが形成されたストレーナ管に、真空ポンプで排気することにより地下水を流入させ、地下水をストレーナ管内に配置された排水ポンプで吸引することにより排水管を通して地上に排水する地下水位低下装置（SWP 装置）を対象地盤に埋設して、地盤の間隙水を吸引することにより地下水位を低下して、真空気化を促進させて地盤を沈下させるとともに、地盤に透水性改善のための吸送気管を打設して、地盤内への空気の送り込みと地盤内の空気の吸引を交互に行う地盤の改良工法である。

特に、SWP 装置の真空ポンプによる排気及び排水ポンプによる排水と、吸送気管による空気の送り込み及び吸引とによって地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、対象地盤上に計画盛土による上載荷重を載荷して圧縮することにより地盤の沈下を促進するものである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特許第 6 1 5 8 5 5 5（特開 2 0 1 4－1 9 6 6 1 4）号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 の地盤改良工法は、真空気化での沈下促進では、真空気化によ

り地盤支持力をアップして強度改良できるが、地盤の沈下量不足が懸念される。

すなわち、ポンプ停止後の水位回復で地盤支持力のダウンが懸念される。また、一回の盛土では圧密不足も懸念される。

図6は時間－沈下量の特性を例示したもので、SWPと吸排気管併用と一回盛土による一次圧密では、得られる特性Aのように、目標沈下量Lの90%程度に留まる懸念がある。

これは、図7に示すように、軟弱地盤中の微細な粘土やコロイドなどの土粒子が水中で互にくっつきあった綿毛構造の間隙水圧が高い状態から、SWPと吸排気管併用の一回盛土による一次圧密では、図8に示すように、真空気化により間隙水圧は低下するものの、綿毛構造の主要分が残ってしまうことに起因すると考えられる。

[0005] 本発明の課題は、SWP装置の真空ポンプによる排気及び排水ポンプによる排水により地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を圧縮して、地盤の沈下をより一層促進させることである。

課題を解決するための手段

[0006] 以上の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、

地盤に埋設され下端に透水性のストレーナ部を有して外周にフィルターが形成されたストレーナ管に、真空ポンプで排気することにより地下水を流入させ、地下水をストレーナ管内に配置された排水ポンプで吸引することにより排水管を通して地上に排水するSWP装置を対象地盤に埋設して、地盤の間隙水を吸引することにより地下水位を低下して、真空気化を促進させて地盤を沈下させる地盤の改良工法であって、

前記SWP装置の前記真空ポンプによる排気及び前記排水ポンプによる排水により地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、前記対象地盤に衝撃力を付与して圧縮することにより地盤の沈下を圧密促進することを特徴とする。

[0007] 請求項2に記載の発明は、

請求項 1 に記載の地盤の改良工法であって、

前記衝撃力の付与は、前記対象地盤上に盛土による上載荷重を載荷した状態で、前記盛土上に振動ローラーを走行させることにより行うことを特徴とする。

[0008] 請求項 3 に記載の発明は、

請求項 2 に記載の地盤の改良工法であって、

前記盛土上に二次盛土による上載荷重をさらに載荷した状態で、前記二次盛土上に前記振動ローラーを走行させることで、前記地盤の沈下を二次圧密促進することを特徴とする。

[0009] 請求項 4 に記載の発明は、

請求項 1 に記載の地盤の改良工法であって、

前記衝撃力の付与は、前記対象地盤にケーシングパイプを打ち込んで、砂が投入された前記ケーシングパイプをバイブロハンマにより振動させることにより行うことを特徴とする。

[0010] 請求項 5 に記載の発明は、

請求項 4 に記載の地盤の改良工法であって、

前記ケーシングパイプを抜去して造成される砂杭の上端に、前記対象地盤の粘性土によるキャップ層を形成することを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、SWP装置の真空ポンプによる排気及び排水ポンプによる排水により地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を圧縮して、地盤の沈下をより一層促進させることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係る地盤の改良工法を適用した一実施形態の構成を示す概略縦断面図である。

[図2]図 1 の工程の次に行う二次盛土及び衝撃付与の構成を示した図である。

[図3]実施形態 2 を示す概略縦断面図である。

[図4]本発明による綿毛構造の作用を示した概略図である。

[図5]本発明による時間－沈下量の特性図である。

[図6]時間－沈下量を例示する特性図である。

[図7]綿毛構造の間隙水圧が高い状態を示した概略図である。

[図8]SWPと吸排気管併用の一回盛土による一次圧密で間隙水圧が低下して綿毛構造の主要分が残った状態を示した概略図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図を参照して本発明を実施するための形態を詳細に説明する。

(実施形態1)

図1は本発明に係る地盤の改良工法を適用した一実施形態の概略構成を示すもので、1は対象地盤、2はSWP装置、3は計画盛土、4は振動ローラー（衝撃力付与装置）である。

[0014] 図示のように、本発明を実施する対象地盤1は、粘性土による改良対象層11の下に砂質土による透水層12を有しており、その対象地盤1に地下水位を低下させるSWP装置2が離間して複数埋設されている。

こうして、SWP装置2が離間して複数埋設された対象地盤1の上には、計画盛土3による上載荷重が載荷されて、その計画盛土3上に、衝撃力付与装置としての振動ローラー4が配置されている。

なお、改良対象層11の下が硬質の粘性土や岩盤であってもよい。

[0015] SWP装置2は、対象地盤1に埋設されるストレーナ管21と、そのストレーナ管21に備えられるストレーナ部22、フィルター23、排水ポンプ24及び排水管25と、地上に配置された真空ポンプ26と、を備えて構成される。

[0016] すなわち、対象地盤1における改良対象層11下の透水層12までストレーナ管21の下端が埋設されている。このストレーナ管21の下端に多数の小孔による透水性のストレーナ部22が備えられて、ストレーナ管21の下部外周にフィルター23が形成されている。

そして、ストレーナ管21の下端内に排水ポンプ24が配置されて、この排水ポンプ24により地下水を地上に排水する排水管25がストレーナ管2

１内に通されている。

さらに、地上に配置された真空ポンプ２６がストレーナ管２１の上端にホース２７を介して接続されており、この真空ポンプ２６の真空吸引でストレーナ管２１内を排気することにより、改良対象層１１内の地下水がストレーナ管２１内に流入する。

[0017] 以上のSWP装置２は、対象地盤１に埋設されたストレーナ管２１内を地上の真空ポンプ２６で排気することにより、下端のストレーナ部２２及び周囲のフィルター２３を介して改良対象層１１の地下水をストレーナ管２１内に流入させ、その流入した地下水をストレーナ管２１内の排水ポンプ２４で吸引することにより排水管２５を通して、矢印で示したように、地上に排水する。その排水は図示しないホースを介して貯水タンクに貯留される。

このように、SWP装置２による間隙水吸引機構が構成されている。

[0018] 地下水位が低下すると、改良対象層１１における土粒子間の間隙水が空気で置換される。この状態で、盛土等により上載荷重を載荷すると、土粒子骨格の圧縮により、沈下が促進され、地盤強度が増加する。

[0019] そして、対象地盤１上に予め計画盛土３による上載荷重を載荷することにより、効果的に沈下促進を行うことができるが、実際にはSWP装置２の吸引効果により大気圧との差分の圧力が載荷されることも期待できる。

このように、間隙水吸引による地下水位低下と上載荷重載荷による沈下促進を併用して、土粒子骨格を圧縮している。

[0020] さらに、計画盛土３上に配置された振動ローラー４が走行することにより、計画盛土３直下の改良対象層１１に衝撃力が付与される。

このように、上載荷重載荷による沈下促進に、振動ローラー４による衝撃力付与を付加することで、その振動ローラー４の衝撃力付与による振動が、図示したように、計画盛土３から改良対象層１１の底部まで伝達されて、土粒子骨格の圧密を促進している。

[0021] 以上のように、間隙水吸引による地下水位低下と上載荷重載荷による対象地盤１の沈下促進と衝撃力付与による圧密促進とを併用して、必要な所定期

間行うことにより、土粒子骨格の圧縮を促進することで、対象地盤 1 の沈下をより一層促進する。

[0022] 図 4 は本発明による綿毛構造の作用を示したもので、計画盛土 3 の載荷による沈下促進に、振動ローラー 4 による衝撃力を付加したことによって、改良対象層 1 1 の土粒子骨格の圧密が促進されている。

[0023] 図 5 は本発明による時間一沈下量の特性を示したもので、SWP 装置 2 の間隙水吸引による地下水位低下と、計画盛土 3 の載荷による沈下促進の併用により得られた特性 X に対し、振動ローラー 4 による衝撃力の付加により得られる特性 Y のとおり、沈下圧密を促進することができる。

[0024] したがって、図 6 に特性 B で示したように、目標沈下量 L より大幅に沈下量を促進することができる。

[0025] 以上、実施形態の地盤改良工法によれば、SWP 装置 2 の真空ポンプ 2 6 による排気及び排水ポンプ 2 4 による排水により対象地盤 1 の改良対象層 1 1 における土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、計画盛土 3 の載荷による沈下促進に、振動ローラー 4 による衝撃力を付加したことにより圧縮して、対象地盤 1 の沈下をより一層促進させることができる。

[0026] 図 2 は図 1 の工程の次に行う二次盛土及び衝撃付与の構成を示したもので、5 は二次盛土である。

すなわち、対象地盤 1 上の一次盛土 3 上に二次盛土 5 を施工して、この二次盛土 5 上に配置された振動ローラー 4 が走行することにより、一次盛土 3 及び二次盛土 5 直下の改良対象層 1 1 に衝撃力が付与される。

このように、一次盛土 3 及び二次盛土 5 の上載荷重載荷による沈下促進に、振動ローラー 4 による衝撃力を付加することで、その振動ローラー 4 の衝撃力付与による振動が、図示したように、二次盛土 5 から一次盛土 3 を経て改良対象層 1 1 の底部まで伝達されて、土粒子骨格の圧密をさらに促進している。

[0027] したがって、図 5 に示したように、図 1 の実施形態における SWP 装置 2

の間隙水吸引による地下水位低下と一次盛土 3 の载荷による沈下促進の併用と、振動ローラー 4 による衝撃力付与の付加により得られた特性 Y に対し、二次盛土 5 の载荷による沈下促進の併用と、振動ローラー 4 による衝撃力の付加により得られた特性 Z のとおり、沈下圧密をより一層促進することができる。

[0028] (実施形態 2)

図 3 は実施形態 2 を示すもので、前述した実施形態 1 と同様、1 は対象地盤、2 は SWP 装置であって、6 はサンドコンパクションパイル装置（衝撃力付与装置）である。

[0029] 図示のように、SWP 装置 2 が離間して複数埋設された対象地盤 1 には、衝撃力付与装置としてのサンドコンパクションパイル装置 6 が離間して複数埋設されている。

すなわち、サンドコンパクションパイル装置 6 は、ケーシングパイプ 6 1 と、このケーシングパイプ 6 1 上端のバイブロハンマ 6 2 と、ケーシングパイプ 6 1 内に投入される砂 6 3 とから構成される。

[0030] 具体的には、ケーシングパイプ 6 1 の上端にバイブロハンマ 6 2 により衝撃力を付与して、対象地盤 1 の透水層 1 2 に下端が到達するまでケーシングパイプ 6 1 を打設する。

そして、ケーシングパイプ 6 1 内に砂 6 3 を投入する。

その後、ケーシングパイプ 6 1 を一定の高さまで引き抜く。

次に、バイブロハンマ 6 2 により衝撃力を付与してケーシングパイプ 6 1 を再度打ち込み振動させて、砂 6 3 の杭を造成する。

[0031] さらに、ケーシングパイプ 6 1 内への砂 6 3 の投入、ケーシングパイプ 6 1 の一定高さまでの引き抜き、ケーシングパイプ 6 1 の再度打ち込みを繰り返し、ケーシングパイプ 6 1 を抜去して、改良対象層 1 1 の粘性土をよく締まった砂 6 3 の杭に置き換える。

このように、間隙水吸引による地下水位低下に、ケーシングパイプ 6 1 に対するバイブロハンマ 6 2 の衝撃力付与を付加することで、そのケーシング

パイプ 6 1 に対するバイブロハンマ 6 2 の衝撃力付与による振動が、図示したように、改良対象層 1 1 の上部から底部まで伝達されて、土粒子骨格の圧密を促進している。

[0032] その後、砂 6 3 杭の上端を、図示のように、改良対象層 1 1 の粘性土によるキャップ層 6 4 で埋める。

[0033] このように、サンドコンパクションパイル装置 6 により砂 6 3 の杭を造成することで、その周りの粘性土も締まっていき、矢印で示したように、改良対象層 1 1 の水分を砂 6 3 の杭を通して排水する効果も得られる。

[0034] そして、その離間した複数の砂 6 3 の杭から透水層 1 2 への排水を、矢印で示したように、その外側に離間した複数の SWP 装置 2 で各々吸引して地上にそれぞれ排水（揚水）することができる。

したがって、揚水を促進でき、コストダウンにも寄与する。

[0035] 以上のように、間隙水吸引による対象地盤 1 の地下水位低下と衝撃力付与による圧密促進とを併用して、必要な所定期間行うことにより、土粒子骨格の圧縮を促進することで、対象地盤 1 の沈下をより一層促進する。

[0036] すなわち、間隙水吸引による沈下促進に、サンドコンパクションパイル装置 6 による衝撃力を付加したことによって、図 4 に示したように、改良対象層 1 1 の土粒子骨格の圧密が促進されている。

[0037] そして、図 5 に示したように、SWP 装置 2 の間隙水吸引による地下水位低下と計画盛土 3 の载荷による沈下促進の併用により得られた特性 X に対し、サンドコンパクションパイル 6 による衝撃力の付加により得られる特性 Y、又は特性 Z のように、沈下圧密を促進することができる。

[0038] したがって、図 6 に特性 B で示したように、目標沈下量 L より大幅に沈下量を促進することができる。

[0039] 以上、実施形態 2 の地盤改良工法によれば、SWP 装置 2 の真空ポンプ 2 6 による排気及び排水ポンプ 2 4 による排水により対象地盤 1 の改良対象層 1 1 における土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、サンドコンパクションパイル装置 6 による衝撃力を付加したことにより

圧縮して、対象地盤 1 の沈下をより一層促進させることができる。

[0040] (変形例)

以上の実施形態においては、SWP 装置による真空気化と衝撃付与としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、地盤に打設した吸排気管による空気の送り込みと吸引の交互付与を付加してもよい。

また、実施形態では、対象地盤に離間して複数の SWP 装置を埋設したが、SWP 装置を単独で対象地盤に埋設してもよい。

さらに、サンドコンパクションパイルの埋設本数は任意であり、その他、具体的な細部構造等についても適宜に変更可能であることは勿論である。

産業上の利用可能性

[0041] 本発明は、SWP 装置の真空ポンプによる排気及び排水ポンプによる排水により地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、対象地盤に衝撃力を付与して圧縮することで、地盤の沈下を圧密促進することができる。

符号の説明

- [0042]
- 1 対象地盤
 - 1 1 改良対象層（粘性土）
 - 2 SWP 装置
 - 2 1 ストレーナ管
 - 2 2 ストレーナ部
 - 2 3 フィルター
 - 2 4 排水ポンプ
 - 2 5 排水管
 - 2 6 真空ポンプ
 - 3 計画盛土（一次盛土）
 - 4 振動ローラー（衝撃力付与装置）
 - 5 二次盛土
 - 6 サンドコンパクションパイル装置（衝撃力付与装置）

- 6 1 ケーシングパイプ
- 6 2 バイブロハンマ
- 6 3 砂
- 6 4 キャップ層

請求の範囲

- [請求項1] 地盤に埋設され下端に透水性のストレーナ部を有して外周にフィルターが形成されたストレーナ管に、真空ポンプで排気することにより地下水を流入させ、地下水をストレーナ管内に配置された排水ポンプで吸引することにより排水管を通して地上に排水するSWP装置を対象地盤に埋設して、地盤の間隙水を吸引することにより地下水位を低下して、真空気化を促進させて地盤を沈下させる地盤の改良工法であって、
- 前記SWP装置の前記真空ポンプによる排気及び前記排水ポンプによる排水により地盤の土粒子間の間隙水が真空気化した空気で置換された土粒子骨格を、前記対象地盤に衝撃力を付与して圧縮することにより地盤の沈下を圧密促進することを特徴とする地盤の改良工法。
- [請求項2] 前記衝撃力の付与は、前記対象地盤上に盛土による上載荷重を載荷した状態で、前記盛土上に振動ローラーを走行させることにより行うことを特徴とする請求項1に記載の地盤の改良工法。
- [請求項3] 前記盛土上に二次盛土による上載荷重をさらに載荷した状態で、前記二次盛土上に前記振動ローラーを走行させることで、前記地盤の沈下を二次圧密促進することを特徴とする請求項2に記載の地盤の改良工法。
- [請求項4] 前記衝撃力の付与は、前記対象地盤にケーシングパイプを打ち込んで、砂が投入された前記ケーシングパイプをバイブロハンマにより振動させることにより行うことを特徴とする請求項1に記載の地盤の改良工法。
- [請求項5] 前記ケーシングパイプを抜去して造成される砂杭の上端に、前記対象地盤の粘性土によるキャップ層を形成することを特徴とする請求項4に記載の地盤の改良工法。