

明 細 書

発明の名称：地盤の改良工法

技術分野

[0001] 本発明は、真空気化促進による軟弱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において地盤の改良工法を提案した。

この工法は、SWP（スーパーウェルポイント）を用いて飽和地下水を負圧伝播で揚水することで、主に目的のエリアのみ集中してスポット的に水位低下が望め不飽和ゾーンを作り出す。その後、SWPのバキュームポンプや、ボルテックスポンプを用いて、不飽和ゾーンの範囲で真空気化を促進して水分の除去やVOCs（揮発性有機化合物）、油分など気化性のものを地中から除去し、地盤改良や土壌浄化を進める。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-303095（特許第4114944号）公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明の課題は、真空気化促進による軟弱地盤改良工法と土壌浄化工法の補助として用いる工法で、改良エリア全体をムラなく早期に改良効果と浄化を進めるための補助工法を提供することである。

また、本発明は、SWP工法による大規模井戸の補足として、径 $\phi=40\sim 50\text{mm}$ 程度の小井戸を用いて、圧気にて、水みちの作成により、見かけの透水係数の改善、井戸ロス（井戸内水位と地盤水位との差）の減少を図ることも課題とする。

課題を解決するための手段

[0005] 以上の課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、地盤に所定間隔をあけて2本の井戸を設置し、一方の井戸から水と空気を下部のストレーナを

介して地中に圧送するとともに、他方の井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引する、地盤の改良工法を特徴とする。

[0006] 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、前記一方の井戸に送水ポンプによる送水とコンプレッサーによる送気を行って、前記他方の井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を行うことを特徴とする。

[0007] 請求項 3 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、前記一方の井戸からの水と空気の地中への圧送と、前記他方の井戸からの地中の水と空気の吸引とを繰り返し行うことを特徴とする。

[0008] 請求項 4 に記載の発明は、地盤に大井戸を設置して、この大井戸の周囲の地盤に所定間隔をあけて複数の小井戸を設置し、前記小井戸の下部から空気を地中に圧送するとともに、前記大井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引する、地盤の改良工法を特徴とする。

[0009] 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、前記小井戸にコンプレッサーまたはプランジャーポンプによる送気を行って、前記大井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を行うことを特徴とする。

[0010] 請求項 6 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、前記小井戸を段階的に上昇させながら前記下部からの空気の地中への圧送と、前記大井戸からの地中の水と空気の吸引とを繰り返し行うことを特徴とする。

[0011] 請求項 7 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、ボーリングマシンにより掘削管を所定の深度まで掘削して前記小井戸を構築することを特徴とする。

[0012] 請求項 8 に記載の発明は、請求項 5 に記載の地盤の改良工法であって、前記小井戸に所定の深さ間隔で送気孔を形成し、前記小井戸内に送気管を配置して、前記送気管を段階的に上昇させながら前記送気孔から空気を地中へ圧送することを特徴とする。

- [0013] 請求項 9 に記載の発明は、地盤に所定間隔をあけて 2 本の小井戸を設置し、一方の小井戸から空気を地中に圧送するとともに、他方の小井戸から地中の空気を吸引する、地盤の改良工法を特徴とする。
- [0014] 請求項 10 に記載の発明は、請求項 9 に記載の地盤の改良工法であって、前記他方の小井戸に所定の深さ間隔で吸気孔を形成し、前記他方の小井戸内にボルテックスポンプによる吸気を作用させることを特徴とする。
- [0015] 請求項 11 に記載の発明は、地盤に大井戸と小井戸を所定間隔あけて設置し、前記大井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引し、前記ストレーナの周囲から空気を吸引するとともに、前記小井戸の下部から地中の空気を吸引する、地盤の改良工法を特徴とする。
- [0016] 請求項 12 に記載の発明は、請求項 11 に記載の地盤の改良工法であって、前記大井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を行って、前記ストレーナの周囲と前記小井戸からボルテックスブローアによる吸気を行うことを特徴とする。
- [0017] 請求項 13 に記載の発明は、請求項 12 に記載の地盤の改良工法であって、前記小井戸からボルテックスブローアへの吸気経路に気液分離装置を介設したことを特徴とする。
- [0018] 請求項 14 に記載の発明は、請求項 13 に記載の地盤の改良工法であって、前記気液分離装置で分離された水分を、前記大井戸から揚水ポンプへの揚水経路に送水することを特徴とする。

発明の効果

- [0019] 本発明によれば、真空気化促進による軟弱地盤改良工法と土壌浄化工法の補助として、改良エリア全体をムラなく早期に改良効果と浄化を進めることができる。

また、SWP 工法による大規模井戸の補足として、径 $\phi=40\sim50$ mm 程度の小井戸を用いて、圧気にて、水みちの作成により、見かけの透水係数の改善、井戸ロスの減少を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明を適用した実施形態1の工法を示す断面図である。

[図2A]本発明を適用した実施形態2の工法を示す平面図である。

[図2B]本発明を適用した実施形態2の工法を示す断面図である。

[図3]本発明を適用した実施形態3の工法を示す断面図である。

[図4]本発明を適用した実施形態4の工法を示す断面図である。

[図5]本発明を適用した実施形態5の工法を示す断面図である。

[図6]本発明を適用した実施形態6の工法を示す断面図である。

[図7]図6の地上部の拡大図である。

発明を実施するための形態

[0021] 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。

<第1の発明>

本発明は、真空気化促進による軟弱地盤改良工法と土壌浄化工法の補助として用いる工法で、改良エリア全体をムラなく早期に改良効果と浄化を進めるための補助工法である。

[0022] 「相互圧送吸引洗浄」

SWPによる2本の大規模井戸を用いて、片方はバキューム吸引、もう片方は大型コンプレッサーにより、圧送にて浄化及び水みちを作成させ、透水係数 K' の改善と浄化を促進させる。

[0023] (実施形態1)

図1は本発明を適用した実施形態1の工法を示すもので、1は送水圧気用の井戸、10はストレーナ、11は水槽、12は送水ポンプ、13は送水管、15は大型コンプレッサー、16は送気管、2は揚水吸気用の井戸、20はストレーナ、21は揚水ポンプ、22は内管、23は揚水管、25はバキュームポンプ、26は吸引管である。

[0024] 図示のように、対象地盤には、所定間隔をあけて2本のSWPによる井戸1・2が設置されている。

[0025] 送水圧気用の井戸1には、地上の水槽11に設置された送水ポンプ12に接続した送水管13が接続されるとともに、地上の大型コンプレッサー15

に接続した送気管 16 が接続されている。

この井戸 1 には、送水ポンプ 12 により送水されるとともに、大型コンプレッサー 15 により送気されて、その水と空気が下部のストレーナ 10 を介して地中に圧送される。

[0026] 揚水吸気用の井戸 2 には、その底部に設置された揚水ポンプ 21 に接続した内管 22 に地上の揚水管 23 が接続されるとともに、地上のバキュームポンプ 25 に接続した吸引管 26 が接続されている。

この井戸 2 には、揚水ポンプ 21 とバキュームポンプ 25 により、下部のストレーナ 20 を介して地中の水と空気が吸引される。

[0027] 以上、井戸 1 による水と空気の地中への圧送と、井戸 2 による地中の水と空気の吸引とを繰り返し行う。

[0028] このように、圧送と吸引を相互の井戸 1・2 で繰り返し行うことで、負圧吸引効果が大きく、SWP 井戸 1・2 間の透水係数が大幅に改善され、水位低下効果が大きくなり、また、井戸ロスを小さくする効果も大幅に改善することができる。

[0029] <第 2 の発明>

本発明は、SWP 工法による大規模井戸を多く設けることなく、径 $\phi=40 \sim 50$ mm 程度の小井戸を用い、圧気にて水みちの作成により、見かけの透水係数の改善、井戸ロスの減少を図る。

[0030] 「リング圧送吸引洗浄」

SWP の方は、バキューム吸引のまま、ボーリングマシンにて所定の深度まで掘削後、大型コンプレッサーで、圧気を送り続け、0.5 m 位ずつ、バックステップで空気を送り続け、透水係数の改善、井戸ロスの減少、浄化を促進させる。

[0031] (実施形態 2)

図 2 は本発明を適用した実施形態 2 の工法を示すもので、3 は大井戸、30 はストレーナ、31 は揚水ポンプ、32 は内管、4 は小井戸、45 は大型コンプレッサー、46 は送気管、5 はボーリングマシンである。

[0032] 図示のように、対象地盤には、1本のSWPによる大井戸3と、その周囲の同心円状に所定間隔をあけて等間隔に複数本（図示例では4本）の小井戸4が設置されている。

[0033] 大井戸3には、その底部に設置された揚水ポンプ31に接続した内管32に地上の図示しない揚水管が接続されるとともに、地上の図示しないバキュームポンプに接続した吸引管が接続されている。

この大井戸3には、揚水ポンプ31とバキュームポンプにより、下部及び中間部のストレーナ30を介して地中の水と空気が吸引される。

[0034] 小井戸4には、地上の大型コンプレッサー45に接続した送気管46が接続されている。

この小井戸4には、大型コンプレッサー45により送気されて、その空気が下端から地中に圧送される。

[0035] そして、小井戸4は、具体的には、ボーリングマシン5により保持される掘削管であり、ボーリングマシン5にて所定の深度まで掘削後、大型コンプレッサー45により圧気を送り続ける。

その後、矢印で示すように、ボーリングマシン5で小井戸4をスライドさせて0.5m位ずつ引き上げながら、バックステップで空気を送り続ける。

[0036] 以上、周囲の同心円状に所定間隔をあけて等間隔に複数本（図示例では4本）の小井戸4による空気の地中への圧送と、中央の大井戸3による地中の水と空気の吸引とを繰り返し行うとともに、小井戸4を段階的に上昇させながら空気を地中に圧送する。

[0037] このように、圧気用の小井戸4を用いることで、図示のように、井戸ロスを小さくして、水位低下量を大きくすることができる。

[0038] <第3の発明>

本発明は、軟弱地盤の圧密のためにコンプレッサーのエア圧を用いる。

また、同じ井戸を用いて、特許文献1の工法の補助として吸気管としても使用し、SWP工法のような大きな井戸を多く打設したと同じ効果をもたせ、対象エリア全体をムラなく真空気化を促進できる等の効果を期待できる。

また、SWP工法のような大きな井戸を多く設けることなく、効果が期待できるために大巾なコストダウンが期待できる。

この工法は、1本の小井戸で、空気を吐くことも、吸うこともできる。

[0039] 「小井戸の設置」

小井戸は、基本的にロッドを用いて、所定の深度まで削孔し、そのまま小井戸として使用する。

材料は、ボーリングロッド及び同形状のガス管等の鋼管をロッド仕様に加工して、全損扱いで使用する。

先端は、メタルクラウンを使用するため、ほぼ、同径のサイズで削孔する。

($\phi \div 40 \sim 50 \text{ mm}$)

そのことによって、圧気及び吸気の場合、地山とのクリアランスが無いためにパッカー（ブロー防止材）等はいらなくて済み、施工が容易で、コストパフォーマンスができる。

また、削孔後、そのまま圧送・吸気管として使用できるため、時間とコストを小さくできる。

[0040] 「移動式小井戸の設置」

(実施形態3)

図3は本発明を適用した実施形態3の工法を示すもので、6は小井戸（ボーリングロッド）、61はメタルクラウン、65はプランジャーポンプ、66は送気送水管、7はボーリングマシンである。

[0041] 前述した実施形態2の小井戸4に代えて、図示のように、複数本（図示例では2本）の小井戸がボーリングロッド6により形成されている。

すなわち、ボーリングロッド6は、中空で下端（先端）にメタルクラウン61を備えており、ボーリングマシン7により保持されて、掘削の進行によりネジ結合して継ぎ足される。

[0042] 複数本のボーリングロッド6には、地上のプランジャーポンプ65に接続した送気送水管66がそれぞれ接続されている。

この複数本のボーリングロッドによる小井戸6には、プランジャーポンプ65により送気と送水が各々されて、その空気と水が下端から地中にそれぞれ圧送される。

[0043] 以上、前述した実施形態2と同様、複数本の小井戸（ボーリングロッド）6でボーリングマシン7にて所定の深度まで掘削後、プランジャーポンプ65により圧気と水を送り続けた後、ボーリングマシン7で小井戸（ボーリングロッド）6をスライドさせて0.5m位ずつ引き上げながら、バックステップで空気と水を送り続ける。

[0044] 「固定式小井戸の設置」

設置方法は、井戸式と同じであるが、設置後、内管を用いてステップ式で圧送もできるようにしている。

[0045] （実施形態4）

図4は本発明を適用した実施形態4の工法を示すもので、8は小井戸、81は通気孔、85は大型コンプレッサー、86は送気管である。

[0046] 前述した実施形態2の小井戸4に代えて、図示のように、小井戸8が設置されている。

この小井戸8には、深さ方向において、段階的に複数個ずつの通気孔81が形成されていて、内部には、地上の大型コンプレッサー85に接続した複数本（図示例では2本）の送気管86が導入されている。

この送気管86の下端より下方の通気孔81から地中に空気が圧送される。

[0047] 以上、前述した実施形態2と同様、小井戸8内において、複数本の送気管86を段階的に上昇させながら、その送気管86の下端より下方の通気孔81から空気を地中に圧送し続ける。

[0048] 「固定式小井戸の吸気」

吸気の場合には、全体として吸気する。

[0049] （実施形態5）

図5は本発明を適用した実施形態5の工法を示すもので、9は小井戸、9

０はフィルター、９１は通気孔、９５はボルテックスポンプ、９６は吸気管、９７は蓋である。

[0050] 前述した実施形態２の大井戸３に代えて、図示のように、小井戸９が設置されている。

この小井戸９には、下端開口内に３Ｄ（立体式）型フィルター９０が備えられて、深さ方向において、段階的に複数個ずつの通気孔９１が形成されていて、上端は、地上のボルテックスポンプ９５に接続された吸気管９６を接続した蓋９７で閉じられている。

[0051] なお、小井戸９は、下端開口内に３Ｄ型フィルター９０を備えることで、削孔時は送水でき、吸引時も土砂の流入を防止できる。

また、通気孔９１は、砂の流入防止のために、孔径は $\phi = 1.5 \sim 3.5$ mm位とされている。

[0052] 以上、前述した実施形態２と同様、小井戸９により、下端開口内の３Ｄ型フィルター９０と深さ方向に段階的に複数個ずつの通気孔９１とから地中の水と空気を吸引し続ける。

[0053] 以上、小井戸による作用効果は次のとおりである。

[0054] 「吸引気化として小井戸を利用」

真空気化促進に大きな井戸を利用しなくても、小さな井戸で十分に空気を吸い真空状態にすることができ、大巾なコストダウンができる。

また、エリア全体に数多く設置することで、真空乾燥及び浄化のムラを防ぐことができる。

[0055] 「圧縮空気をプレロードとして利用」

コンプレッサーで、粘性土及びその下部砂層に圧送することで、多少の地表へのブローは有るものの、残圧として、地中に残る。

その残圧は $P = 3.0 \sim 7.0 \text{ kg/cm}^2$ も有り、 $WP = 30 \sim 70 \text{ t/m}^2$ の盛土荷重に匹敵し、載荷盛土 $H = 1.8 \sim 4.1 \text{ m}$ 位の盛土高に相当し、その圧密応力は非常に大きく有効である。

真空気化した後の土の間隙水圧は、殆んど無いために容易に圧縮できる。

また、ステップして圧密させるために、密に圧縮することができる。

盛土の場合には、地表部の応力荷重が大きいものの、深くなるにつれ、荷重が分散されるために、その応力は小さくなる。

浄化としても、その場所でダイレクトに空気ブローができ、浄化が早いことと、ムラを防止することができる。

[0056] 「液状化防止対策として有効」

1) 砂層において、一度真空化することと、その後の空気圧送により間隙の5%以上の空気トラップができ、液状化防止として有効である。

2) 上記作業に伴い、洗浄効果により砂の相対密度が高くなり、液状化防止として有効である。

粘性土においても、特許文献1の工法による効果で強度が増し、液状化防止に有効である。

[0057] 「問題点」

SWPで水位を低下させた後の不飽和地盤には間隙水及び付着水があるため、吸引孔（地盤の吸引パイプ）よりボルテックスブロー及びオイル式真空ポンプ等で吸引すると、水分が水蒸気化して吸引されることによりボルテックスブロー等はキャビテーションが発生してポンプが高熱化し、回転ファンが膨張してロックしてボルテックスブロー、真空ポンプが故障してしまい、その後の吸引は出来なくなる。

[0058] （実施形態6）

図6は本発明を適用した実施形態6の工法を示すもので、図7はその地上部を拡大したものであり、101は大井戸、102はストレーナ、103は揚水ポンプ、104は内管、105は吸気管、106はバキュームポンプ、107は吸引管、108は吸気管、109はボルテックスブロー、111は小井戸、112は吸引管、113は気液分離装置、114は気液分離フィルター、115は吸気管、116は送水管である。

[0059] 図示のように、対象地盤には、1本のSWPによる大井戸101と、所定間隔をあけて1本の小井戸111が設置されている。

[0060] 大井戸 101 には、下部及び中間部にストレーナ 102 及びその底部の揚水ポンプ 103 を備える内管 104 と、その周囲に沿った吸引管 107 とが設置されている。

内管 104 には、地上において、図示しない揚水管が接続されるとともに、吸引管 105 を介してバキュームポンプ 106 が接続されている。

この大井戸 3 には、揚水ポンプ 103 とバキュームポンプ 106 により、下部及び中間部のストレーナ 102 を介して地中の水と空気が吸引される。

[0061] 吸引管 107 には、地上において、吸気管 108 を介してボルテックスブロア 109 が接続されている。このボルテックスブロア 109 は、空気のみを吸引する。

[0062] また、小井戸 111 には、地上において、吸引管 112 を介して気液分離装置 113 が接続されている。気液分離装置 113 は、気液分離フィルター 114 を内蔵している。

さらに、気液分離装置 113 には、上部に吸気管 115 を介してボルテックスブロア 109 が接続されて、底部に送水管 116 を介して内管 104 が接続されている。

[0063] 「大井戸（SWP）101 周りの吸引」

気液分離として、大井戸（SWP）101 周りに吸引管 107 を予め設け、井戸のフィルター材（ストレーナ 102）の中が負圧化しているため、このフィルター部（ストレーナ 102）をボルテックスブロア 109 で吸気し、不飽和地盤の真空気化促進ができる。

なお、SWP の井戸の中は真空度が $P_v = -0.04 \sim -0.085 \text{ MPa}$ 位の高真空のため、水分は井戸より吸引され、ボルテックスの真空度は $P_v = -0.02 \sim -0.035 \text{ MPa}$ と低く、この気圧差でボルテックスブロア 109 は主に空気のみを大量に吸うことができ、真空気化が促進される。

[0064] 「小井戸 111 の吸引システム」

吸引管 107 や小井戸 111 で不飽和地盤を直接吸引すると、上記同様に

水蒸気として吸引されるため、ボルテックスブローア１０９等は故障する。

よって、小井戸１１１とボルテックスブローア１０９の間には気液分離装置１１３を設け、空気は→ボルテックスブローア１０９へ、水分は→SWP及びバキュームポンプ１０６へ吸引させるシステムで連続して吸引することができる。

[0065] ここで、通常の気液分離装置では、タンクの水分が水位として上昇してしまうと、直接水をポンプで吸ってしまうことになる。

しかし、気液分離装置１１３では、タンク内のボトムで高負圧を利用してピンホールで水は吸引されるが、吸水量が小さいことから負圧がボルテックスブローア１０９の負圧に影響はしない。

[0066] 以上、実施形態６によれば、吸引管１０７と小井戸１１１により、ボルテックスブローア１０９にて砂層の天場と粘性土を真空化（負圧化）させる。

そのことにより、水の沸点温度が低下して間隙水が水蒸気として膨張し、吸引管１０７及び小井戸１１１により地表へ吸引排出され、地盤が乾燥される。

このとき、間隙水圧は負圧化していて、地震時に過剰間隙水圧にはならず、液状化防止できる。

産業上の利用可能性

[0067] 本発明は、真空気化促進による軟弱地盤改良工法と土壌浄化工法の補助として用い、改良エリア全体をムラなく早期に改良効果と浄化を進めるために利用することができる。

符号の説明

- [0068] １ 送水圧気用の井戸
１０ ストレーナ
１１ 水槽
１２ 送水ポンプ
１３ 送水管
１５ 大型コンプレッサー

- 1 6 送気管
- 2 揚水吸気用の井戸
- 2 0 ストレーナ
- 2 1 揚水ポンプ
- 2 2 内管
- 2 3 揚水管
- 2 5 バキュームポンプ
- 2 6 吸引管
- 3 大井戸
- 3 0 ストレーナ
- 3 1 揚水ポンプ
- 3 2 内管
- 4 小井戸
- 4 5 大型コンプレッサー
- 4 6 送気管
- 5 ボーリングマシン
- 6 小井戸（ボーリングロッド）
- 6 1 メタルクラウン
- 6 5 プランジャーポンプ
- 6 6 送気送水管
- 7 ボーリングマシン
- 8 小井戸
- 8 1 通気孔
- 8 5 大型コンプレッサー
- 8 6 送気管
- 9 小井戸
- 9 0 フィルター
- 9 1 通気孔

9 5	ボルトナットスポンジ
9 6	吸気管
9 7	蓋
1 0 1	大井戸
1 0 2	ストレーナ
1 0 3	揚水ポンプ
1 0 4	内管
1 0 5	吸気管
1 0 6	バキュームポンプ
1 0 7	吸引管
1 0 8	吸気管
1 0 9	ボルトナットスプロア
1 1 1	小井戸
1 1 2	吸引管
1 1 3	気液分離装置
1 1 4	気液分離フィルター
1 1 5	吸気管
1 1 6	送水管

請求の範囲

- [請求項1] 地盤に所定間隔をあけて2本の井戸を設置し、
一方の井戸から水と空気を下部のストレーナを介して地中に圧送するとともに、
他方の井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引することを特徴とする地盤の改良工法。
- [請求項2] 前記一方の井戸に送水ポンプによる送水とコンプレッサーによる送気を行って、
前記他方の井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を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] 前記一方の井戸からの水と空気の地中への圧送と、前記他方の井戸からの地中の水と空気の吸引とを繰り返し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4] 地盤に大井戸を設置して、この大井戸の周囲の地盤に所定間隔をあけて複数の小井戸を設置し、
前記小井戸の下部から空気を地中に圧送するとともに、
前記大井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引することを特徴とする地盤の改良工法。
- [請求項5] 前記小井戸にコンプレッサーまたはプランジャーポンプによる送気を行って、
前記大井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を行うことを特徴とする請求項4に記載の地盤の改良工法。
- [請求項6] 前記小井戸を段階的に上昇させながら前記下部からの空気の地中への圧送と、前記大井戸からの地中の水と空気の吸引とを繰り返し行うことを特徴とする請求項4に記載の地盤の改良工法。
- [請求項7] ボーリングマシンにより掘削管を所定の深度まで掘削して前記小井戸を構築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。
- [請求項8] 前記小井戸に所定の深さ間隔で送気孔を形成し、

前記小井戸内に送気管を配置して、

前記送気管を段階的に上昇させながら前記送気孔から空気を地中へ圧送することを特徴とする請求項 5 に記載の地盤の改良工法。

[請求項9]

地盤に所定間隔をあけて 2 本の小井戸を設置し、

一方の小井戸から空気を地中に圧送するとともに、

他方の小井戸から地中の空気を吸引することを特徴とする地盤の改良工法。

[請求項10]

前記他方の小井戸に所定の深さ間隔で吸気孔を形成し、

前記他方の小井戸内にボルテックスポンプによる吸気を作作用させることを特徴とする請求項 9 に記載の地盤の改良工法。

[請求項11]

地盤に大井戸と小井戸を所定間隔あけて設置し、

前記大井戸から下部のストレーナを介して地中の水と空気を吸引し、前記ストレーナの周囲から空気を吸引するとともに、

前記小井戸の下部から地中の空気を吸引することを特徴とする地盤の改良工法。

[請求項12]

前記大井戸から揚水ポンプによる揚水とバキュームポンプによる吸気を行って、

前記ストレーナの周囲と前記小井戸からボルテックスブローアによる吸気を行うことを特徴とする請求項 11 に記載の地盤の改良工法。

[請求項13]

前記小井戸からボルテックスブローアへの吸気経路に気液分離装置を介設したことを特徴とする請求項 12 に記載の地盤の改良工法。

[請求項14]

前記気液分離装置で分離された水分を、前記大井戸から揚水ポンプへの揚水経路に送水することを特徴とする請求項 13 に記載の地盤の改良工法。