

明 細 書

発明の名称：

地盤改良工法および地盤改良工法における施工管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、軟弱な地盤を改良して地盤中にブロック状、壁状、格子状、杭状、層状等の固化体や改良地盤を造成する際に用いる地盤改良工法およびこの地盤改良工法に適用する施工管理システムに関する。

本願は、2011年5月26日に日本に出願された特願2011-118234号及び特願2011-118235号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 周知のように、石灰、セメント等の固化材をスラリー状に調製し、これらのスラリーを地盤内の土と攪拌・混合することにより、固化材スラリーの水和反応、この水和反応による水和生成物と粘土鉱物とのイオン交換作用、あるいはポゾラン反応などを主体とする化学的固結反応を利用して土を化学的に固化させて、地盤内に改良杭を造成することによって地盤を改良（地盤の強度を増大）したり固化体を造成したりする地盤改良工法がある（例えば、特許文献1参照）。この種の地盤改良工法は、深層混合処理工法と呼ばれている。

[0003] このような地盤改良工法では、図8に示すような、杭打ち機をベースとした地盤改良装置（処理機）1および施工管理システムが用いられている。処理機1は先端部に攪拌羽根2を備えたスクリーロッド3をベースマシン4により鉛直に支持し、駆動装置5によりスクリーロッド3を回転させて改良対象範囲の最深部まで貫入させた後、スクリーロッド3の先端部に設けてある吐出口から地盤改良材としてのセメントスラリーを地中に注入しつつ、かつ注入したセメントスラリーと土砂とを攪拌羽根2により攪拌混合しながらスクリーロッド3を引き抜くことで改良杭を形成するように構成され

ている。

[0004] また、その処理機 1 により改良杭を形成する場合における施工管理システムは、スラリー流量計 6、スクリーロッド 3 の軸回転計 7、駆動装置 5 の電流検出計 8、スクリーロッド 3 の深度計 9 および昇降速度計 10 を備え、それら各センサによる検出値を管理装置 11 に入力して、セメントスラリーの注入量、スクリーロッド 3 の回転数、到達深度、貫入速度および引き抜き速度を管理項目として監視するように構成されている。符号 12 はベースマシン 4 に設置されているオペレーションモニタ、13 はデータ保存用のパーソナルコンピュータである。

[0005] このような処理機 1 を用いた地盤改良工法では、まず、攪拌羽根 2 を備えたスクリーロッド 3 を回転しながら、かつ、地盤改良材を注入しないで所定深度まで地盤中に貫入させる。次いで、そのスクリーロッド 3 を回転させて地盤改良材をスクリーロッド 3 の先端部から注入しながら攪拌羽根 2 で地盤を攪拌混合しつつスクリーロッド 3 を引き抜くことで、地盤内に円柱状に土を固化させた改良杭を造成する。このような地盤改良工法においては、攪拌羽根 2 の地盤中における単位深度（1 m）あたりの引抜時（地盤改良材注入時）における羽根切り回数が施工管理項目となっている。

[0006] この羽根切り回数の多少は、地盤改良材と地盤との攪拌混合の程度に影響し、羽根切り回数を多くすれば、施工スピードは遅くなるが地盤改良材と地盤との混り具合がよくなる。地盤改良材と地盤とがよく混合されれば、生成される地盤改良体は全体的に良好に強度を発現するようになるため、現場強度は設計強度に対して小さい割増しで済む。なお、この「現場強度」は、実際の施工における強度のバラツキを考慮して、設計強度に対して所定の割合で割増ししている。

[0007] 逆に、羽根切り回数を少なくすると、施工スピードは速くなる。しかし、地盤改良材と地盤との混合不足から強度が低下する部位が出現する可能性があるため、このような場合、現場強度は設計強度に対しておおきく割増しする必要がある。この割増しに関係するのが変動係数であり、変動係数と羽根

切り回数とは所定の関係性を有している。

[0008] ちなみに、地盤改良体の設計強度と現場強度と変動係数との関係式は以下の通りである。

$$Q_f = Q_d / (1 - \alpha \cdot V_c / 100) \quad \cdots (1)$$

なお、 Q_f ：現場一軸圧縮強度（現場強度）、 Q_d ：設計一軸圧縮強度（設計強度）、 V_c ：変動係数（%）、 α ：係数（不良発生率10%を考慮した場合 $\alpha = 1.3$ ）

[0009] 上記（1）式によると、例えば、設計強度 $Q_d = 1000 \text{ kN/m}^2$ のとき、変動係数 $V_c = 30\%$ とすると、現場強度 $Q_f = 1640 \text{ kN/m}^2$ であり、変動係数 $V_c = 15\%$ とすると、現場強度 $Q_f = 1240 \text{ kN/m}^2$ となる。

[0010] 現場強度 Q_f を大きくするには、水とセメントとからなる地盤改良材（セメントスラリー）の地盤中への注入量を増やす必要がある。地盤改良材の水とセメントとの重量比はほぼ同じであるため、このことはセメントの混入量を増やすことでもある。つまり、変動係数 V_c の大小は施工コストに影響する。

[0011] 従来では、地盤改良材が注入された後の羽根切り回数と変動係数との関係を求め、施工管理においては、施工能率に関係する羽根切り回数と施工コストに関係する変動係数を勘案し、目標とする変動係数に対応する羽根切り回数を求め、この羽根切り回数と現場の羽根切り回数が同じになるように施工管理している。

[0012] 上記の変動係数と羽根切り回数との関係であるが、スクリーロッド貫入時にスクリーロッドを回転しながら地盤改良材を地盤に注入して、地盤改良材と地盤とを攪拌混合する従来の地盤改良工法においては、図9のような関係図（片対数グラフ）に基づいて羽根切り回数を設定している。なお、ここでの羽根切り回数は、地盤改良材を地盤中に注入し、地盤改良材と地盤とを攪拌混合するときの羽根切り回数である。

[0013] 一方、スクリーロッド貫入時に地盤改良材を注入せず、スクリーロッ

ド引抜時にスクリーロッドを引き抜きながら地盤改良材を注入して、地盤改良材と地盤とを攪拌混合する地盤改良工法において、目標とする変動係数から地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の羽根切り回数を設定する際にも、この関係図を利用している。

[0014] また、上記のような従来一般の深層混合処理工法では、地盤改良材（セメントスラリー）を原地盤に対して多量に注入するため原地盤の体積が増大することが不可避である。そのため、この体積の増大に起因して原地盤が盛り上がり、周辺地盤に対して悪影響を及ぼす懸念がある。

[0015] そこで、上記のような深層混合処理工法における周辺地盤に対する悪影響を防止するための対策として、地盤改良材（セメントスラリー）の注入量（吐出量）相当分の土砂を原地盤から排土することで原地盤の体積膨張を回避するという排土式の深層混合処理工法やその施工管理システムが本出願人からも提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。この地盤改良工法で重要な点は、地盤改良材の注入量と排土量とのバランスがとれているかという点であり、この双方の量を把握することが施工管理のポイントとなっている。ただし、地盤改良材の注入量については流量計で計測できるが、施工中の実際の排土量についての把握は困難である。

そこで、特許文献 1 では、実測試験において、実測排土量 V_1 および（スクリー断面積 S ） $\times$ （スクリーピッチ P ） $\times$ （軸回転数 N ）の値を求め、これらの結果から $K = V_1 / (S \times P \times N)$ を基に排土係数 K を求めている。具体的には、（ $S \times P \times N$ ）を横軸、 V_1 を縦軸とする直交座標上に、（ $S \times P \times N$ ）の値に対する V_1 の値の点をいくつかプロットする。これらの点から一次近似式を求める。この一次近似式における傾きが K となる。そして、この設定された排土係数 K とその後の実施工における実測可能な S 、 P 、 N 値とから、 $V = K \times S \times P \times N$ の算定式によって実施工での推定排土量 V を求めている。

先行技術文献

特許文献

[0016] 特許文献1：特許第3583307号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0017] しかし、攪拌羽根による地盤改良工法においては、上述したように、羽根切り回数を多くすれば地盤改良材と地盤との混り具合がよくなるものの施工スピードは遅くなり、逆に、羽根切り回数を少なくすると、施工スピードは速くなるものの地盤改良体に所望の強度が発現しない可能性がある。

[0018] また、推定排土量 V を求めるための実測試験は、施工現場ごと、土質ごとに3回以上は行う必要があり手間と時間がかかる。また、信頼性の担保のためにはそれなりに相当数のデータ数が必要であるが、実測試験では相当数のデータを得ることが難しい。

[0019] そこで、本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、施工品質を確保しつつ施工能率を向上することができる地盤改良工法を提供することを第一の目的とする。

[0020] また、本発明は、信頼性の高い推定排土量をスピーディに算出可能な地盤改良工法における施工管理システムを提供することを第二の目的とする。

課題を解決するための手段

[0021] 上記の課題を解決するために、出願人は、施工能率に大きく関係する羽根切り回数に着目した。具体的には、スクリーロッド貫入時に地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入するときの羽根切り回数を評価することで本発明に至った。

具体的には、本発明に係る第一の態様は、攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記ロッドを引き抜く地盤改良工法において、前記地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調

整羽根切り回数とし、調整羽根切り回数を、予め設定した地盤改良体強度変動係数と調整羽根切り回数との関係から、目標とする地盤改良体強度変動係数に基づいて設定し、前記設定された調整羽根切り回数を施工管理項目として地盤改良を行うことにより、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみを施工管理項目とした場合に較べ、同品質を確保する際に前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を減少させる。

[0022] 前記第一の態様に係る地盤改良工法によれば、調整羽根切り回数に基づいて地盤改良することにより、地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の羽根切り回数を従来より少なくしてもよくなる。そのため、従来よりも羽根切り回数を減少させて施工能率を向上することができる。

また、このように構成することで、地盤改良の状況を管理する施工管理システムにおいて、直接的に調整羽根切り回数を用いて施工管理することができる。たとえば、地盤改良の施工管理システムとしてスクリーロッド貫入時の羽根切り回数とスクリーロッド引抜時の羽根切り回数を改良深度毎に合計して算出・表示できるようにして、調整羽根切り回数を施工管理項目として設定して施工管理することができる。

[0023] また、本発明に係る第二の態様は、攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法において、前記地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調整羽根切り回数とし、調整羽根切り回数を、予め設定した地盤改良体強度変動係数と調整羽根切り回数との関係から、目標とする地盤改良体強度変動係数に基づいて設定し、前記設定された調整羽根切り回数からスクリーロッド貫入時の羽根切り回数を控除したスクリーロッド引抜時の羽根切り

回数を施工管理項目として地盤改良を行うことにより、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみを施工管理項目とした場合に較べ、同品質を確保する際に前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を減少させる。

[0024] 前記第二の態様に係る地盤改良工法によれば、調整羽根切り回数に基づいて地盤改良することにより、地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の羽根切り回数を従来より少なくしてもよくなる。そのため、従来よりも羽根切り回数を減少させて施工能率を向上することができる。

また、このように構成することで、地盤改良の状況を管理する施工管理システムにおいて、スクリーロッド貫入時とスクリーロッド引抜時の羽根切り回数をそれぞれ算出するのみで調整羽根切り回数の算出・表示ができるようになっておらず、スクリーロッド貫入時の羽根切り回数が改良深度毎にほぼ一定にできるようなシステムであれば、スクリーロッド引抜時羽根切り回数を基に施工管理をすることができる。

[0025] また、本発明に係る第三の態様は、攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法において、前記地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調整羽根切り回数とし、目標とする地盤改良体強度変動係数を、予め設定した調整羽根切り回数と地盤改良体強度変動係数との関係から、所定の調整羽根切り回数に基づいて設定し、前記設定された地盤改良体強度変動係数から前記地盤中への前記地盤改良材の注入量を設定し、設定された注入量の前記地盤改良材を前記地盤中に注入することにより、前記地盤改良材を注するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみから前記地盤改良体強度変動係数を求めて前記地盤改良材の注入量を設定した場合に較べ、

同品質を確保する際に前記地盤改良材の注入量を減少させる。

[0026] 前記第三の態様に係る地盤改良工法によれば、調整羽根切り回数に基づいて地盤改良することにより、施工能率は従来のみであっても地盤改良材の注入量を減らして、地盤改良工法のコストを低減することができる。

[0027] また、本発明に係る第四の態様では、前記第一～第三の態様において、前記地盤中へのスクリーロッド貫入時に前記スクリーロッドから注水する。

[0028] 前記第四の態様に係る地盤改良工法によれば、地盤への注水で地盤を軟らかくすることができる。その結果、スクリーロッドの貫入・回転がよりスムーズになって、地盤改良材吐出前の事前の羽根切りによるほぐし効果を高めることができる。

[0029] また、本発明に係る第五の態様では、前記第四の態様において、前記注水の量を、改良対象地盤の液性限界から求めた水量に近似した量とする。

[0030] 前記第五の態様に係る地盤改良工法によれば、地盤へ注入する量を適量とすることで、地盤への注水量が多くなり過ぎて地盤改良体の強度が低下してしまうのを防止することができる。つまり、スクリーロッドの貫入・回転がよりスムーズになって、地盤改良材吐出前の事前の羽根切りによるほぐし効果を高めるとともに、地盤改良体の強度を確実に確保することができる。

[0031] また、上記の課題を解決するために、本発明に係る第六の態様は、先端部に攪拌羽根を有するスクリーロッドを地中に貫入し、スクリーロッドを介して地中に地盤改良材を注入して、前記攪拌羽根の回転により前記地盤改良材と土砂とを攪拌混合しつつ前記スクリーロッドを引き抜くとともに、前記地盤改良材の注入量相当分の土砂を前記スクリーロッドにより地中から排土する地盤改良工法を実施する際に適用され、前記スクリーロッドの深度、回転数、貫入速度および引抜速度、並びに前記地盤改良材の注入量を検出して監視する施工管理システムにおいて、改良地盤に対する前記地盤改良材スラリー注入量の比率を地盤改良材混入率とし、予め地盤条件別に求め

られた地盤改良材混入率と排土係数との関係から、所定の地盤改良材混入率に基づいて排土係数を設定し、設定された排土係数と前記回転数とに基づいて前記スクリーロッドによる推定排土量を演算し、その推定排土量を管理項目として監視する。

[0032] 前記第六の態様によれば、地盤改良材混入率に基づいて排土係数を設定し、その排土係数に基づいて推定排土量を演算することができ、推定排土量を管理項目とすることで、信頼性の高い推定排土量をスピーディに算出することができる。その結果、原地盤の変位を抑制しつつ地盤改良工法における工期の短縮やコストの低減に貢献できる。

[0033] 本発明に係る第七の態様では、前記第六の態様において、前記推定排土量を前記地盤改良材の注入量と比較して施工の良否を判定する。

[0034] 前記第七の態様によれば、推定排土量を地盤改良材の注入量と比較して施工の良否を判定することにより、施工信頼性を十分に確保することができ、修正施工の必要性が明確になる。

[0035] 前記第六および第七の様態を、前記攪拌羽根を備えた前記スクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ前記地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法を実施する際に適用することも可能である。

[0036] この場合、例えば前記第六および第七の様態を、先端部に前記攪拌羽根を備えた前記スクリーロッドを前記地盤中に貫入させ、前記先端部が地盤改良範囲の最深部付近に達したら、前記スクリーロッドの先端に設けられた下部吐出口から前記地盤改良材を前記地盤中に吐出して更に貫入を行い、前記スクリーロッドの最先端が前記地盤改良範囲の最深部に達したら、前記攪拌羽根の上部に設けられた上部吐出口から前記地盤改良材を前記地盤中に吐出し、前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法を実施する際に適用することも可能である。

[0037] また、前記第六および第七の様態を、前記第一～第三の様態の地盤改良工法を実施する際に適用することも可能である。

発明の効果

[0038] 本発明の地盤改良工法によれば、調整羽根切り回数に基づいて地盤改良することにより、地盤改良材を注入するスクリーロード引抜時の羽根切り回数を従来より少なくすることができる。そのため、従来よりも羽根切り回数を減少させて施工能率を向上することができる。または、施工能率は従来のままにして地盤改良材の注入量を減らして、施工のコストを低減することができる。

[0039] また、本発明の地盤改良工法における施工管理システムによれば、地盤改良材混入率に基づいて排土係数を設定し、その排土係数に基づいて推定排土量を演算することができ、推定排土量を管理項目とすることで、信頼性の高い推定排土量をスピーディに算出することができる。その結果、原地盤の変位を抑制しつつ地盤改良工法における工期の短縮やコストの低減に貢献できる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]本発明の実施形態の地盤改良工法に用いる施工管理システムの概要を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に用いる施工管理システムにおいて用いる排土係数（粘性土の場合）の決定法を示す図である。

[図3]本発明の実施形態の地盤改良工法における羽根切り回数と変動係数との関係を示すグラフである。

[図4]本発明実施形態の地盤改良工法における羽根切り回数と変動係数との関係を示すグラフである。

[図5]本発明の実施形態に用いる施工管理システムにおける管理データの一例を示す図である。

[図6]同システムにおける管理データの他の例を示す図である。

[図7]同システムにおいて用いる排土係数（砂質土の場合）の決定法を示す図

である。

[図8]従来の深層混合処理工法における処理機と施工管理システムの概要を示す図である。

[図9]従来の地盤改良工法における羽根切り回数と変動係数との関係を示すグラフである。

[図10A]本発明が適用可能な深層混合処理工法における処理機の概要を示す図である。

[図10B]図10Aに示すスクリーロードの先端部の拡大図である。

発明を実施するための形態

[0041] 以下、本発明の地盤改良工法の具体的な実施形態について図面を参照して説明する。本実施形態の地盤改良工法は、例えば図10A及びBに示した処理機1による排土式の深層混合処理工法に適用される。

つまり、図10A及びBの処理機1において、攪拌羽根2を備えたスクリーロード3を回転しながら、かつ水とセメントからなるセメントスラリー（地盤改良材スラリー）を注入しないで地盤中に貫入する。そして、スクリーロード3の先端部が所定の改良範囲の上部吐出口50と下部吐出口60の間の長さには達したら、スクリーロード3の先端に設けられている下部吐出口60からセメントスラリーを地盤中に吐出し、攪拌羽根2により地盤に対する羽根切りを行いつつさらに貫入を行う。そして、スクリーロード3の最先端が改良範囲の最深部に達したら、今度は攪拌羽根2の上部に設けられている上部吐出口50からセメントスラリーを地盤中に吐出し、攪拌羽根2により羽根切りを行いつつスクリーロード3を引き抜いていく。

[0042] この地盤改良工法では、地盤改良材スラリー注入量相当分の土砂を排出することで、地盤改良材スラリー注入に伴う地盤変位を低減させている。すなわち、本実施形態で用いられる施工管理システムは、図8に示した従来の施工管理システムを基本としつつ、その管理項目に従来とは算出方法を異ならせた「排土量」を付加して処理機1による排土量を監視し、それを適正に維持することで原地盤の変位（盛り上がりや周辺地盤への悪影響）を防止するよ

うに構成されている。

さらに、本実施形態の施工管理システムでは、セメントスラリーと土砂との攪拌混合状態を定量的に把握してそれを適正に管理するべくスクリーロッド貫入時の羽根切り回数を加味した「羽根切り回数」を管理項目として付加している。

[0043] すなわち、本実施形態で用いられる施工管理システムは、図1にその概要を示すように、品質管理上の管理項目として「材料」、「配合」、「混合（羽根切り回数）」を設定し、出来形管理上の管理項目として「打設位置」、「打設深度」、「着底」を設定し、地盤の変位管理上の管理項目として「排土量」を設定している。それら各管理項目のうち「材料」、「配合」、「打設位置」、「打設深度」、「着底」については図8に示した従来の施工管理システムと共通する。また、「混合（羽根切り回数）」および「排土量」は本実施形態において従来とは内容を変えて付加した管理項目である。

[0044] 従来と共通する管理項目のうち、「材料」は地盤改良材としてのセメントスラリーの状態（セメント量や水量）を管理する項目、「配合」はスラリー流量計6により検出されるスラリー注入量（吐出量）と昇降速度計10により検出されるスクリーロッド3の昇降速度とにより単位深度当たりの注入量が適正であるか否かを管理する項目、「打設位置」はトランシット等による測量により改良杭の形成位置を管理する項目、「打設深度」は深度計9によりスクリーロッド3の位置を検出してそれを管理する項目、「着底」は電流検出計8により検出される駆動装置5の作動状態と昇降速度計10により検出される貫入速度とからスクリーロッド3の先端が改良対象範囲の最深部に達したか否かを管理する項目である。

[0045] また、本実施形態において付加した管理項目のうち、「排土量」は軸回転計7により検出されるスクリーロッド3の回転数と、スクリー形状および排土係数とにより推定排土量を演算し、それがスラリー注入量と同等になるように管理する項目である。

[0046] 本実施形態においては推定排土量の演算は次のようにして行う。推定排土

量 V はスクリュー断面積 S とスクリューピッチ P と軸回転数 N の関数であり、その比例定数を排土係数 K として、以下のように表される。

$$V = K \cdot S \cdot P \cdot N \quad \dots (2)$$

なお、 V : 推定排土量 (m^3)、 K : 排土係数、 S : スクリュー断面積 (m^2)、 P : スクリューピッチ (m)、 N : 軸回転数 (回)

上記 (2) 式では、スクリュー断面積 S とスクリューピッチ P は処理機 1 の固有の定数であるから、排土係数 K の値が決まれば、あとは貫入から引き抜きまでの軸回転数 N を測定することのみで推定排土量 V を演算することができる。

[0047] ここで、本願の発明者らは、排土係数 K と地盤改良材混入率 x との間に相関関係があるのではないかと考え、多数の工事实績（データ数 $n = 99$ ）に基づいて、排土係数 K と地盤改良材混入率 x との相関関係を調べた。

[0048] ここで、本願の発明者らは、排土係数 K と地盤改良材混入率 x との間に相関関係があるのではないかと考え、多数の工事实績に基づいて、排土係数 K と地盤改良材混入率 x との相関関係を調べた。

その結果、図 2 に示すような地盤改良材混入率 x と排土係数 K との相関関係が得られた。図 2 はデータ数 $n = 99$ のものであり、これから下記の式（図 2 での直線。相関係数 $r = 0.81$ ）が得られた。

$$K = 0.5116x + 0.0066 \quad \dots (3)$$

なお、 x : 地盤改良材混入率 (%)

上記 (3) 式は、地盤が粘性土の場合の式であり、相関係数 $r = 0.81$ であるから強い相関があるといえる。同様の相関式は地盤の土質条件ごとに予め求めることができる。

[0049] また、地盤改良材混入率 x は、改良地盤に対する地盤改良材スラリーの注入量の容積比率のことで、改良地盤の強度をどの程度にするかで決定される。単位改良地盤 (1 m^3) に添加される地盤改良材の添加量 ($k \text{ g}$) は予め決めておく。例えば大よそ改良地盤 1 m^3 当たりの地盤改良材の添加量は $100k \text{ g}$ 程度である。

また、地盤改良材はセメントに水を加えた地盤改良材スラリー（セメントスラリー）として注入するもので、セメント（C）に対する水（W）の添加比率 W/C も施工性を考慮して予め設定しておく。なお、 $W/C = 100\%$ 程度に設定するのが一般的である。この場合、添加量 100 kg に相当する地盤改良材スラリーは約 133 リットル（セメントの比重を 3 とする）である。改良地盤 1 m^3 中に 133 リットルの地盤改良材スラリーが注入・混入されている場合、地盤改良材混入率 $x = 0.133$ （ 13.3% ）となる。このように、地盤改良材混入率 x は予め決めておく。そして、 $x = 0.133$ を上記（3）式に代入して排土係数 $K = 0.075$ を算出する。

[0050] 上記のようにして、所定の地盤改良材混入率 x に基づいて上記（3）式から予め求めておいた排土係数 K を算出設定する。あるいは、地盤改良材混入率 x と排土係数 K の直交座標上において上記（3）式を直線にしたもの（上記図2参照）から地盤改良材混入率 x に対応する排土係数 K を設定する。そして、設定された排土係数 K とスクリー断面積 S 、スクリーピッチ P とを管理装置11に入力しておけば、軸回転計7により検出した軸回転数 N を管理装置11に入力するだけで、上記（2）式により推定排土量 V が演算されて算出される。なお、軸回転計7からの軸回転数 N の出力を自動で管理装置11に入力するとよい。そのようにすれば、予め入力された排土係数 K 、スクリー断面積 S 、スクリーピッチ P によりスクリーロッド3を引き抜いた後、すぐに推定排土量 V が演算されて算出される。そして、本実施形態の施工管理システムにおいては、1本の改良杭を施工するごとにその推定排土量 V を演算し、それをスラリー流量計6により検出されるスラリー注入量と比較して施工良否の判定を行う。なお、軸回転数 N を調節すれば推定排土量 V を増減することができるから、必要であれば推定排土量 V が適正になるように刻々と制御することも可能である。

[0051] 次に、本実施形態において付加した管理項目である「羽根切り回数」について説明する。羽根切り回数は、スクリーロッド3が単位長さ引き抜かれる際に各攪拌羽根2による羽根切りがなされた回数を示す値である。

つまり、羽根切り回数 T (回/m) = (スクリーロッド回転数 n [回/分] × 攪拌羽根枚数 M [枚]) / (スクリーロッド引き抜き速度 v [m/分]) で表される。この式における攪拌羽根の総枚数 M は処理機固有の定数であるから、軸回転計 7 により検出される回転数 n と速度計 9 により検出される引き抜き速度 v とにより羽根切り回数 T を求めることができる。管理装置 11 では攪拌羽根の総枚数 M を入力すれば自動的に羽根切り回数 T が演算・算出され、羽根切り回数が所定の管理範囲値内であるかどうか分かるようになっている。

[0052] 実際の施工においてスクリーロッド 3 を引き抜きつつ地盤改良材をスラリーにして吐出し、地盤改良材と地盤とを攪拌混合したときの羽根切り回数 T (回/m) と、そこから採取した改良体 A～D の強度の変動係数 V_c (%) との関係を表 1 に示す。また、これらの結果を従来の関係グラフ (図 9) にプロットしたものが、図 3 の三角点 A1～D1 である。

[0053] [表1]

改良体	羽根切り回数 (回/m)	変動係数 (%)
A (A1)	3 5 0	1 7. 7
B (B1)	4 6 7	1 5. 1
C (C1)	5 4 8	1 4. 3
D (D1)	6 7 9	1 1. 1

[0054] この三角点 A1～D1 の地盤改良材吐出後の羽根切り回数 T に基づく変動係数 V_c の大きさは、従来の関係グラフから求めた変動係数 V_c の大きさよりも小さい値になっている。つまり、地盤改良材吐出前のスクリーロッド貫入時の羽根切り回数が変動係数に貢献している、言い換えれば、地盤改良材を吐出不いで地盤を攪拌してほぐすことが、その後の地盤改良材を吐出しての地盤攪拌効果に良い影響を与える、と推察できる。

[0055] そこで、地盤改良材吐出・注入前のスクリーロッド貫入時の羽根切り回数を、地盤改良材を吐出・注入した後のスクリーロッド引抜時の羽根切り

回数に算入して加えたものを合計羽根切り回数とした。この合計羽根切り回数と変動係数との関係を表2に示す。これを従来の関係グラフ（図9）にプロットしたものが、図4の丸点A2～D2である。

[0056] [表2]

改良体	貫入時と引抜き時との合計羽根切り回数 (回/m)	変動係数 (%)
A (A2)	1 3 6 + 3 5 0 = 4 8 6	1 7. 7
B (B2)	3 4 6 + 4 6 7 = 8 1 3	1 5. 1
C (C2)	3 0 3 + 5 4 8 = 8 5 1	1 4. 3
D (D2)	5 4 4 + 6 7 9 = 1 1 3 5	1 1. 1

[0057] 図4に示すように、丸点A2～D2の方が、三角点A1～D1よりも従来との関係グラフに接近している。つまり、合計羽根切り回数で評価してもよいと判断できる。

[0058] 図4の4つの丸点A2～D2における検証範囲付近を回帰式で表したものが下式である。

$$V_c = -7.45 \ln(T) + 64.221 \quad r = 0.9345 \quad \dots (4)$$

なお、 V_c : 変動係数 (%)、 T : 合計羽根切り回数、 r : 相関係数、 $\ln(T)$: 自然対数

[0059] 本実施形態においては、目標とする変動係数 V_c を上記(4)式に代入して合計羽根切り回数 T を算出設定し、この合計羽根切り回数 T で施工管理する。例えば、地盤改良の施工管理システムとしてスクリーロッド貫入時の羽根切り回数とスクリーロッド引抜き時の羽根切り回数を改良深度ごとに合計して算出・表示できるようにすると、合計羽根切り回数 T を施工管理項目として設定して施工管理することができる。なお、上記(4)式を直交座標の図表にしてもよく、その場合は目標とする変動係数 V_c をこの図表に当てはめてこれに対応する合計羽根切り回数 T を設定してもよい。

[0060] 一方で、地盤の種別・硬軟により地盤改良材を吐出しない状態でのスクリーロッドの好ましい貫入速度やそのときの好ましいスクリーロッド回転

数は経験上把握されていることから、スクリーロップ貫入時の羽根切り回数ほぼ決まってくると思われる。

[0061] そして、地盤改良の施工管理システムとしてはスクリーロップ貫入時と引抜時の羽根切り回数をそれぞれ算出するのみで合計羽根切り回数の算出・表示ができるようになっていない場合は、合計羽根切り回数 T からスクリーロップ貫入時の羽根切り回数を差し引く、つまり控除して、スクリーロップ引抜時羽根切り回数を基に施工管理をしてもよい。いずれの方法でも施工管理することができる。

[0062] 例えば、地盤改良体強度の変動係数 V_c を15%に設定した場合、上記(4)式によれば、合計羽根切り回数は740回となる。スクリーロップ貫入時の羽根切り回数を300回とする場合、スクリーロップ引抜時の羽根切り回数は440回となる。このスクリーロップ引抜時の羽根切り回数は、従来であれば1000回近い羽根切り回数となっていたが、それと比較すれば大幅な減少となる。このことにより、従来よりもスクリーロップ引抜速度を大きくすることができ、施工能率が向上する。

[0063] 実際の地盤改良においては、施工管理システムに表示される合計羽根切り回数またはスクリーロップ引抜時の羽根切り回数が、目標とする地盤改良体強度変動係数に基づいて上式(地盤改良体強度変動係数と合計羽根切り回数との関係式)から求めた合計羽根切り回数またはスクリーロップ引抜時の羽根切り回数の所定管理値から外れないように、スクリーロップ回転数やスクリーロップ引抜速度を調整するなどの施工管理をして地盤改良をする。なお、地盤改良体強度変動係数と合計羽根切り回数との関係は上式に限定されず、今後の施工データの積み上げによって変わりが得る。

[0064] また、地盤改良材を注入しないスクリーロップ貫入時の攪拌羽根の羽根切り回数を、地盤改良材を注入するスクリーロップ引抜時の攪拌羽根の羽根切り回数に算入して加えたものを合計羽根切り回数とすると、上記実施形態のようにスクリーロップ貫入時の羽根切り回数を100%加算する場合の他に、スクリーロップ貫入時の羽根切り回数の一部(例えば、7

割～8割程度)を加算する場合や、スクリーロッド貫入時の羽根切り回数の加算に所定の上限値を設ける場合などが、土質条件などの相違によっては考えられる。

本実施形態でのスクリーロッド貫入時の羽根切り回数の算入は、所定係数を乗じて加算することや、所定値を上限として加算することや、地盤改良材を注入しないロッド貫入時の攪拌羽根の羽根切りによる地盤ほぐし効果を考慮して、地盤改良材を注入するロッド引き抜き時の攪拌羽根の羽根切り回数に所定係数を乗じることを含むものであり、単純な加算だけを意味するものではない。

その意味で、本実施形態における合計羽根切り回数は、スクリーロッド貫入時の攪拌羽根の羽根切り回数を調整して算入することを含むものであるから、調整羽根切り回数ともいえる。なお、合計羽根切り回数から貫入時の羽根切り回数を控除して引抜時の羽根切り回数で施工管理する上記実施形態において、貫入時の羽根切り回数を調整した場合、控除する貫入時羽根切り回数は、調整した後の貫入時羽根切り回数である。

[0065] 上記の各管理項目は管理装置(コンピューター)11に入力されて評価すなわち施工の良否の判定がなされ、それに基づき必要に応じて修正施工がなされる。そしてパーソナルコンピュータ13に施工データが保存され、必要に応じて適宜の管理データ、たとえば図5に示すような「施工結果表」や図6に示すような「杭打設日報」がプリントアウトされる。なお、図5の「施工結果表」においては、目標とする変動係数 V_c や管理値としての合計羽根切り回数が表示されていないが、(4)式などを用いての別途の計算によって管理値としての合計羽根切り回数を算出設定し、この管理値を施工管理装置に入力している。

または、変動係数 V_c と合計羽根切り回数 T との地盤ごとの回帰式を予めプログラムしておき、施工管理装置に目標とする変動係数 V_c と地盤種別を入力することで管理値としての合計羽根切り回数 T を算出設定してもよい。

[0066] また、他方の観点としては、スクリーロッド引抜時の羽根切り回数を従

来方法と同様な回数に設定した場合、従来よりも変動係数 V_c を小さく設定することができる。変動係数 V_c を小さく設定できるということは、地盤改良体の現場強度を従来よりも小さく設定することができる。つまり、地盤改良材の注入量を従来よりも少なくすることができる。

このように構成すると、施工能率としては従来と変わりはないが、施工コストについては従来よりも低減させることができる。

[0067] 例えば、スクリーロッド引抜時における地盤改良材注入後の羽根切り回数を500回/mとする。従来の技術思想では、このときの地盤改良体強度変動係数は図9から20%となる。一方、本実施形態では、地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の羽根切り回数をカウントできるため、スクリーロッド貫入時の羽根切り回数を300回とすれば、合計羽根切り回数は800回となる。これを上記(4)式に代入すると、変動係数 $V_c = 14.3\%$ となる。

[0068] 設計強度 1000 kN/m^2 とした場合、従来の現場強度設定は 1350 kN/m^2 であるが、本実施形態での現場強度設定は 1230 kN/m^2 となる。室内配合強度に対して現場強度は0.5~0.8の関係にあるから、これを0.5とすると、現場強度 1350 kN/m^2 に対しては室内配合強度 2700 kN/m^2 であり、現場強度 1230 kN/m^2 に対しては室内配合強度 2460 kN/m^2 となる。

[0069] セメント（地盤改良材）添加量と室内配合強度との関係は、室内強度試験をして設定するが、室内配合強度 2700 kN/m^2 に対しては 165 kg/m^3 程度、室内配合強度 2460 kN/m^2 に対しては 150 kg/m^3 程度となる。地盤改良材スラリー（セメントスラリー）の水セメント比は100%とすることが多いため、これを100%とすると、添加量 165 kg/m^3 に対しては、地盤改良材スラリー注入量 165 l/m^3 となり、添加量 150 kg/m^3 に対しては、地盤改良材スラリー注入量 150 l/m^3 となる。

[0070] 施工においては、所定の合計羽根切り回数（調整羽根切り回数）に基づいて上式（地盤改良体強度変動係数と合計羽根切り回数との関係式）から目標

とする地盤改良体強度変動係数を算出設定し、その設定した地盤改良体強度変動係数から、上記のように地盤改良材スラリー注入量を算出設定する。そして、実際の地盤改良材スラリー注入量が、上記で設定した地盤改良材スラリー量（ 150 l/m^3 ）に対して所定範囲内におさまるように、地盤改良材スラリー注入量を制御しつつ管理して地盤改良を行う。本実施形態によれば、従来よりも地盤改良材スラリーを減らすことができ、施工コストを低減することができる。

[0071] 以上、本実施形態によれば、従来よりも羽根切り回数を減少させて施工能率を上げることができる。また、別の方法としては、施工能率は従来のままにして地盤改良材スラリー注入量を減らして、施工コストを低減することができる。いずれの方法を採用するかについては、実際の現場における優先度を考慮して決定すればよい。もちろん、羽根切り回数を程々に減少させるとともに、地盤改良材スラリー注入量を程々に減少させて、施工能率向上を程々にしつつ、程々のコスト低減効果を得るようにバランスよく調整することも可能である。

[0072] また、本実施形態において、スクリーロッド貫入時にスクリーロッド先端部の地盤改良材スラリー吐出口（図8においてスクリーロッド3の下端位置にある。）から水を吐出・注入してもよい。このように構成すれば、地盤への加水で地盤が軟らかくなり、スクリーロッドの貫入・回転がよりスムーズになって、地盤改良材スラリー吐出前の事前の羽根切りによるほぐし効果が高まると推察される。その場合、変動係数と合計羽根切り回数の想定回帰線は図4に示すグラフにおいて上式によるものよりもさらに下方に位置することが考えられる。

[0073] ただし、このスクリーロッド貫入時の加水もあまり多すぎると地盤改良体強度の低下に影響することが想定される。そのため、この加水量は、多くてもほぼ改良しようとする対象地盤の液性限界から算出した水量までであり、この液性限界から求めた水量に近似した量が好ましいといえる。このスクリーロッド貫入時の加水は、地下水位より上方の地盤に対しては特に効果

がある他、本実施形態以外の、攪拌羽根で地盤改良材と地盤とを攪拌混合する従来の地盤改良工法にも適用できる。

[0074] また、以上で説明した本実施形態の施工管理システムによれば、排土式の深層混合処理工法による地盤改良に際して従来と同様の品質管理と出来形管理を行い得ることに加え、実際の排土量に近い排土量をスピーディに推定することができ、精度の高い施工管理ができるとともに施工能率の向上に寄与する。

[0075] 加えて、本実施形態の施工管理システムにおいては、羽根切り回数の管理を行うことでセメントスラリーと土砂との攪拌混合の度合いを定量的に把握できるので、優れた地盤改良効果を得ることができる。

[0076] また、排土係数Kの演算は、施工管理システム内で土質ごとの複数の相関式がプログラムされていて、施工管理システム内で土質を選択して地盤改良材混入率xを入力すれば自動的に演算して算出設定してもよいし、別途の計算機を用いての手計算により排土係数Kを算出設定し、この排土係数Kの算出値を施工管理システムに入力してもよい。その後の、排土係数Kから推定排土量Vを演算する方法は既述した通りである。図5の「施工結果表」は、地盤改良材混入率xを入力すれば自動的に推定排土量Vを演算するシステムの出力例である。

[0077] 尚、本発明は上述した実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、上述した実施形態に種々の変更を加えたものを含む。すなわち、実施形態で挙げた具体的な構造や構成などはほんの一例に過ぎず、適宜変更が可能である。

[0078] 例えば、本実施形態では、地盤が粘性土の場合の排土係数の算出式を示したが、地盤が砂質土の場合の排土係数の算出式も粘性土の場合と同様に導き出すことができる。図7は、砂質土の場合の地盤改良材混入率xと排土係数Kとの相関関係を示すグラフである。図7はデータ数n=16の結果であり、これから下記の式（図7での直線）が得られる。

$$K = 0.4935x - 0.0252 \quad \dots (5)$$

なお、上記（５）式は相関係数 $r = 0.858$ であるから強い相関があるといえる。

このように、土質条件ごとに予め排土係数の算出式を求めておく、あるいは設定図表を作成しておくことにより、スピーディに推定排土量を算出することができる。ただし、本実施形態で説明した相関式は、実施工でのデータをさらに多く取り入れることにより変更され得る。

例えば、本実施形態における合計羽根切り回数（調整羽根切り回数）による施工管理方法は、地盤改良材注入量相当分の土砂の排出を行う排土式の深層混合処理工法でなくても適用できる。また、本実施形態の排土係数演算手法は、スクリーロッド貫入時に地盤改良材スラリーを地盤内に注入して攪拌する地盤改良工法にも適用できる。

[0079] さらに、本発明に係る地盤改良工法および施工管理システムは、攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、スクリーロッドを回転させて地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら攪拌羽根で地盤を攪拌混合しつつ、スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法において、上記実施形態に開示されたタイミングで地盤改良材を前記地盤中に吐出する工法以外の地盤改良工法に適用することも可能である。

この際、スクリーロッドにおける攪拌羽根の配置は特に限定されない。例えば、スクリーロッドの一部に攪拌羽根を設けない等、攪拌羽根の配置を地盤の性状に合わせて変更したり、攪拌羽根のピッチ間隔を調整して排土量を調節してもよい。また、スクリーロッドにおける吐出口の位置も特に限定されない。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明の地盤改良工法によれば、従来よりも羽根切り回数を減少させて施工能率を向上することができる。または、施工能率は従来そのままにして地盤改良材の注入量を減らして、施工のコストを低減することができる。

また、本発明の地盤改良工法における施工管理システムによれば、信頼性の

高い推定排土量をスピーディに算出することができる。その結果、原地盤の変位を抑制しつつ地盤改良工法における工期の短縮やコストの低減に貢献できる。

符号の説明

[0081] 1…地盤改良装置（処理機） 2…攪拌羽根 3…スクリーロード（ロード） 4…ベースマシン 5…駆動装置 6…スラリー流量計 7…軸回転計 8…電流検出計 9…深度計 10…速度計 11…管理装置 50…上部吐出口 60…下部吐出口

請求の範囲

[請求項1] 攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、

前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法において、

前記地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調整羽根切り回数とし、

調整羽根切り回数を、予め設定した地盤改良体強度変動係数と調整羽根切り回数との関係から、目標とする地盤改良体強度変動係数に基づいて設定し、

前記設定された調整羽根切り回数を施工管理項目として地盤改良を行うことにより、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみを施工管理項目とした場合に較べ、同品質を確保する際に前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を減少させる地盤改良工法。

[請求項2] 攪拌羽根を備えたスクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、

前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法において、

前記地盤改良材を注入しないスクリーロッド貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロッド引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調整羽根切り回数とし、

調整羽根切り回数を、予め設定した地盤改良体強度変動係数と調整

羽根切り回数との関係から、目標とする地盤改良体強度変動係数に基づいて設定し、

前記設定された調整羽根切り回数からスクリーロード貫入時の羽根切り回数を控除したスクリーロード引抜時の羽根切り回数を施工管理項目として地盤改良を行うことにより、前記地盤改良材を注入するスクリーロード引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみを施工管理項目とした場合に較べ、同品質を確保する際に前記地盤改良材を注入するスクリーロード引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を減少させる地盤改良工法。

[請求項3]

攪拌羽根を備えたスクリーロードを地盤中に回転しながら、かつ地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、

前記スクリーロードを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロードから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロードを引き抜く地盤改良工法において、

前記地盤改良材を注入しないスクリーロード貫入時の前記攪拌羽根の羽根切り回数を、前記地盤改良材を注入するスクリーロード引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数に算入して調整羽根切り回数とし、

目標とする地盤改良体強度変動係数を、予め設定した調整羽根切り回数と地盤改良体強度変動係数との関係から、所定の調整羽根切り回数に基づいて設定し、

前記設定された地盤改良体強度変動係数から前記地盤中への前記地盤改良材の注入量を設定し、注入量を前記地盤中に注入することにより、前記地盤改良材を注するスクリーロード引抜時の前記攪拌羽根の羽根切り回数のみから前記地盤改良体強度変動係数を求めて前記地盤改良材の注入量を設定した場合に較べ、同品質を確保する際に前記地盤改良材の注入量を減少させる地盤改良工法。

[請求項4]

前記地盤中へのスクリーロード貫入時に前記スクリーロードか

ら注水する請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の地盤改良工法。

[請求項5] 前記注水の量は、改良対象地盤の液性限界から求めた水量に近似した量である請求項 4 に記載の地盤改良工法。

[請求項6] 先端部に攪拌羽根を有するスクリーロッドを地中に貫入し、スクリーロッドを介して地中に地盤改良材を注入して、前記攪拌羽根の回転により前記地盤改良材と土砂とを攪拌混合しつつ前記スクリーロッドを引き抜くとともに、前記地盤改良材の注入量相当分の土砂を前記スクリーロッドにより地中から排土する地盤改良工法を実施する際に適用され、前記スクリーロッドの深度、回転数、貫入速度および引抜速度、並びに前記地盤改良材の注入量を検出して監視する施工管理システムにおいて、

改良地盤に対する前記地盤改良材スラリー注入量の比率を地盤改良材混入率とし、

予め地盤条件別に求められた地盤改良材混入率と排土係数との関係から、所定の地盤改良材混入率に基づいて排土係数を設定し、

設定された排土係数と前記回転数とに基づいて前記スクリーロッドによる推定排土量を演算し、その推定排土量を管理項目として監視する地盤改良工法における施工管理システム。

[請求項7] 前記推定排土量を前記地盤改良材の注入量と比較して施工の良否を判定する構成とした請求項 6 に記載の地盤改良工法における施工管理システム。

[請求項8] 前記攪拌羽根を備えた前記スクリーロッドを地盤中に回転しながら、かつ前記地盤改良材を注入しないで所定深度まで貫入し、前記スクリーロッドを回転させて前記地盤改良材を前記スクリーロッドから注入しながら前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法を実施する際に適用される、請求項 6 または 7 に記載の地盤改良工法における施工管理システム。

[請求項9] 地盤改良材の注入量相当分の土砂をスクリーロッドにより前記地盤

中から排土する地盤改良工法において、先端部に前記攪拌羽根を備えた前記スクリーロッドを前記地盤中に貫入させていきながら貫入させた体積相当分の土砂の排土を行いつつスクリーロッドを貫入していき、前記先端部が地盤改良範囲の最深部付近に達したら、前記スクリーロッドの先端に設けられた下部吐出口から前記地盤改良材を前記地盤中に吐出して更に貫入を行い、前記スクリーロッドの最先端が前記地盤改良範囲の最深部に達したら、前記攪拌羽根の上部に設けられた上部吐出口から前記地盤改良材を前記地盤中に吐出し、前記攪拌羽根で前記地盤を攪拌混合しつつ、前記スクリーロッドを引き抜く地盤改良工法を実施する際に適用される、請求項 8 に記載の地盤改良工法における施工管理システム。

[請求項10] 請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の地盤改良工法を実施する際に適用される、請求項 6 または 7 に記載の地盤改良工法における施工管理システム。