

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-231727

(P2007-231727A)

(43) 公開日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
E O 2 D 3/12 (2006.01) E O 2 D 3/12 1 O 1 2 D O 4 O

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 43 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-24554 (P2007-24554) (22) 出願日 平成19年2月2日(2007.2.2) (31) 優先権主張番号 特願2006-27687 (P2006-27687) (32) 優先日 平成18年2月3日(2006.2.3) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(71) 出願人 000162652 強化土エンジニアリング株式会社 東京都文京区本郷3-15-1 (74) 代理人 100070091 弁理士 久門 知 (74) 代理人 100087491 弁理士 久門 享 (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 大場 美紀 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</p>
---	--

最終頁に続く

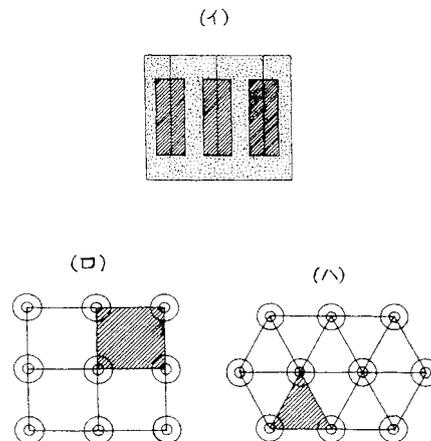
(54) 【発明の名称】 地盤強化方法

(57) 【要約】

【課題】 可塑状ゲル注入材を、地盤中に割裂を生じさせる事なく、注入孔の単位受け持ち体積に所定量の塊状ゲルの硬化体を形成せしめ、軟弱地盤の密度増加を図る。

【解決手段】 可塑状ゲル注入材を地盤に圧入して塊状体を地盤中に形成しながら土粒子を周辺に押しやり、地盤中に可塑状ゲル注入材そのものの塊状体を形成させ、地盤を強化する。可塑状ゲル注入材としては、シリカ系非硬化性粉状体と、水、またはシリカ系非硬化性粉状体と、水と、カルシウム系粉状硬化発現材、またはシリカ系非硬化性粉状体と、水と、カルシウム系粉状硬化発現材と、ゲル化調整剤を含有する可塑状ゲル注入材を地盤に圧入する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地盤中に吐出孔を有する注入外管を設置して、薬液噴出口上部にパッカーを有する内管を通して可塑状ゲル注入材を圧入し、地盤中で非流動性塊状体を形成しながら土粒子間を周辺に押しやり地盤中に複数の塊状体を形成すると共に、複数の注入孔周辺部の地盤密度を増加して地盤強化する地盤強化工法であって、該可塑状ゲル注入材が以下の(1)と(3)又は(1)と(2)と(3)、或はさらに(4)を有効成分として含むことを特徴とする地盤強化方法。

(1) シリカ系非硬化性粉状体 (F材)

(2) カルシウム系粉状硬化発現材 (C材)

(3) 水 (W材)

(4) ゲル化調整剤

10

【請求項 2】

請求項 1 において、薬液噴出口上部にパッカーを有する内管が複数の管路を有することを特徴とする地盤強化方法。

【請求項 3】

請求項 1 において、可塑状ゲル注入材はスランプが 5 cm より大きく、及び / 又はテーブルフローが 12 cm 以上、及び / 又はシリンダーによるフローが 8 cm より大きく、流動性に優れ、かつ注入材中に含まれる硬化発現材比が 50 重量% 未満であることを特徴とする地盤強化方法。

20

ただし、硬化発現材比 = $C / (F + C) \times 100$ [%] であり、F、C はいずれも重量を示す。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地盤中に吐出孔を有する注入外管を設置して、シリカ系非硬化性粉状体、或はシリカ系非硬化性粉状体とカルシウム系粉状硬化発現材、或はさらにゲル化調整剤を有効成分とする可塑状ゲル注入材を薬液噴出口上部にパッカーを有する内管を用いて圧入して時間の経過と共に、或は加圧脱水により可塑状ゲルからなる塊状体を地盤中に形成しながら土粒子を周辺に押しやり、地盤中に可塑状ゲル注入材そのものの塊状体を形成し、地盤強化を図る地盤強化方法に係る。

30

【0002】

本発明は、該可塑状ゲルを軟弱地盤に静的に圧入して地盤中に注入材そのものによる塊状体を形成させながら、周辺土砂を圧縮して密度の増大を図る地盤強化方法である。

【背景技術】

【0003】

地盤中に固結材を静的に圧入して土砂を周辺に押しやって密度を増大して地盤を強化する方法として、従来、非流動性の低スランプ或は殆んどスランプゼロの注入材 (モルタル) を地盤中に圧入することにより、地盤中に固結体を造成し、地盤を圧密強化する工法が知られている (特許文献 1 参照)。また、セメントを主材とした流動性のモルタル懸濁液と可塑材をそれぞれポンプで送液し注入管に入る前に合流注入して、スランプが 5 cm 以下の可塑状グラウトを地盤に圧入する方法も提案されている (特許文献 2 参照)。

40

【0004】

しかし、上述公知の工法のうち前者は特殊な大型機械設備を必要とし、液状化防止工等が行われる建築物の建て込んだ施工条件や建造物直下の基礎の補強は不可能であった。

【0005】

一方後者の工法は、流動性モルタル或は懸濁液である A 液とその可塑剤を含む B 液を別々に圧送し注入口付近で合流し、瞬時にスランプ 3 cm 程度の可塑状ゲルを形成し、これを地盤内に圧入する方法で、この場合地盤中に注入すると地盤中で水分と紛体が分離し脱水によって急速に流動性を失い急速に硬化してしまい、可塑性保持時間を長くする事が出

50

来ない。この結果、脈状に地盤を割裂して不特定の方向に逸出してしまい地盤強化効果が得られない。

【0006】

従来、セメントを主材とするモルタル注入液はスラリー状で流動性を有し、水和反応により固化に到るものであった。このような流動性モルタルは地盤中に注入した場合、地盤を割裂して注入され逸脱しやすく又大きなブリージングを生じ、地盤中に材料分離して沈殿して脈状に固化する。一方、ブリージングを小さくするためにはセメントの含有量を大きくすればよいが、このようにするとセメントの硬化発現が早くなり広範囲を充填する事が出来なくなるか、地盤を割裂して逸脱するという問題がある。又セメントを主材とする流動性モルタルにアルミニウムや水ガラス等を可塑性材として用いる方法が提案されたが、

10

【0007】

又、セメント系懸濁液と可塑性材を別々にポンプで送り、注入管の手前で合流して形成されたスランプが5以下3cm程度の可塑性グラウトを、地盤中に圧入して周辺の土粒子を圧縮する地盤強化方法も提案されている。

【0008】

しかし、スランプが5cm以下とは、シリンダーによるフローでほぼ8cmであり、グラウトを構成する材料によって多少異なるが、テーブルフローでおおよそ10cm程度となり、この場合ゲル化物は落下による振動を加えても殆ど動かない状態であり、このような低スランプの可塑性グラウトを地盤中に注入すると地盤中で水分と紛体が分離し脱水によってさらに流動性を失い急速に硬化してしまい、可塑性保持時間を得られず、この結果、注入圧が上って注入不能になるか脈状に地盤を割裂して不特定の方向に逸出してしまい地盤強化効果が得られない。

20

【0009】

又セメント系懸濁液のA液に可塑性材を有効成分とするB液を合流する際、A液にB液を少量(比率によると例えば9:1とか19:1等)合液する方法も提示されているが、空隙充填の場合とはもかく地盤中に圧力をかけて圧入する場合は、ポンプ圧が高くなる程、異なる比率で合液させる事は困難になる。

【0010】

さらに上述した従来技術は、改良地盤を削孔した後、注入管先端から低スランプの可塑性グラウトを下から上へ圧入する上昇式、或は下降式に圧入する形態であり、削孔工程と注入工程が連続している。さらに下降式においては上部を改良した後、再度削孔し深い部分を改良するため施工能率が悪く、作業性に乏しかった。

30

【0011】

本発明は、上述の問題点に鑑みて提案するものであり、地盤に吐出口を有する注入外管を設置した後、内管を介して注入材を注入し、注入材が流動状態にあっても、地盤中に注入されることにより脱水され可塑性ゲルとなることを特徴とする。本発明者は、粘性が大きい、流動性に優れ、水と分離して沈殿する事なく安定した流動性のある懸濁液、或は可塑性ゲルを見出すと共に、この流動状態にある懸濁液を地盤注入に用いた場合、その懸濁液自体時間と共に可塑性を呈し、或は地盤中における脱水によって可塑性ゲルを呈し、可塑性ゲルから非可塑性ゲルを経て硬化する事を確認した。

40

【0012】

地盤に懸濁型グラウトや瞬結グラウトを注入した場合、地盤を割裂して脈状に注入されるため所定領域に塊状硬化物を形成する事は困難である。本発明者はその問題を地盤中に非硬化性粒状体を有効成分とする非硬化性注入液或は更にカルシウム系硬化発現材を加え或はゲル化調整剤を加えて形成される可塑性ゲル注入材を圧入して、地盤中で可塑性ゲルの塊状体を形成する事によって解決せんとしたものであって、注入工程中には流動性がありながら、地盤中において脱水を伴って形成された可塑性ゲルの塊状体を拡大させて周辺地盤の密度増加を図る事を可能にしたものである。

50

【0013】

本発明の注入材は地盤に圧入する前まで流動状態であるため、圧送の際に特殊な大型機械設備を必要とせず、さらに本発明の地盤強化工法は地盤中に吐出孔を有する外管を設置した後、内管を介して可塑状ゲル注入材を圧入するため、外管の設置のための削孔工程と注入材の注入工程を分離できるため作業性に優れ、外管が挿入する内管の孔壁保護材の役割をするため内管を所定の位置にすることにより容易に再注入が行える。

【0014】

本発明はこれらの可塑状ゲル注入材を近年のレベルアップした注入手法と注入管理システムで制御することによって、地盤中に割裂を生じさせる事なく注入孔の単位受け持ち体積に所定量の塊状ゲルの硬化体を形成せしめる手法を見出し、軟弱地盤の密度増加を図る事に成功したものである。

10

【0015】

【特許文献1】特許第2743232号公報

【特許文献2】特開2002-294686号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

上述したように、地盤強化用可塑状グラウトとしては数十mもの長いホース中の送液流動性が必要な一方地盤中に圧入されたら土粒子間浸透せず、かつ、所定の改良受け持ち範囲以外に割裂により逸脱する事なく所定の位置に塊状にゲル化物を形成し、かつ、出来るだけ大きな注入液自体によるゲル化物を形成して、しかも固化に到る迄の間に周辺の土粒子を押しやって大きな塊状ゲルを形成して、その分周辺の土砂の密度を高くするという、相反する特徴を同時に満たす事が要求される。

20

【0017】

よって、A液とB液を別々に圧送し注入口付近で合流させてから地盤中に圧入する方法が従来考えられてきたが、この方法ではA液、B液を混合後、急速に流動性を失わせるため硬化が早く、地盤中に注入しても脈状に割裂したり、不特定な箇所への逸脱してしまう等により地盤強化効果が得られない。またA液、B液の配合比率に差があるため、地盤中における注入材が正確に配合されているかは不透明である。

【0018】

そこで、本発明者は産業副産品であるフライアッシュやスラグや焼却灰や粘土、現場発生の土砂や珪砂等からなるシリカ系粉状体と少量のセメント又は石灰や石膏やスラグ等のカルシウム系硬化発現材と水を所定の流動特性が得られるように配合し、さらにゲル化促進剤、ゲル化遅延剤、増粘剤、解膠剤、起泡剤、流動化材等を混合し、流動性の調整、或は保水性をよくすることにより脱水を低減して、所定の条件下で地盤中に圧入し、地盤中に塊状体或は可塑状ゲルによる塊状固結体を造成することを可能にする流動特性、固結特性を明らかにして、地盤強化を図ることに成功したもので、上述の公知技術に存する問題を解決した地盤強化方法、並びにその地盤注入材、注入管理方法を提供することにある。勿論、この地盤注入材は圧入工法のみならず、一般の裏込め注入、護岸の吸出し防止注入、など空隙充填に使用したりする事も出来る。

30

40

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は、地盤強化のためには単なる可塑状ゲルの空隙充填と異なって、以下の要件を満たす施工上の手法が課題となることに着目し、これらの課題を注入材料と注入方法やその管理方法を開発する事により解決したものである。

1) 注入材が土粒子間浸透する事なく、又注入範囲外へ逸脱する事なく、所定の受け持ち領域内に塊状に形成され、かつ塊状体が塊状を保ったまま拡大する注入材の条件。

2) 側方向に拡大して周辺土砂を圧縮する手法。

3) 土の密度が可塑状ゲルそのもので圧入されるには高く、しかし地盤のためには低すぎるような地盤条件で注入という簡便な手法で改良する手法。

50

- 4) 垂直方向への固結体の移向を極力抑える手法。
- 5) 地表面に近い領域での地上への逸脱や地盤隆起を極力抑え、確実な強度増加が得られる手法。
- 6) 注入工法の施工法を生かし、かつ長距離の送液性が可能な手法。
- 7) 上記を可能にする注入管理システムの開発。

【0020】

本発明者は、注入液が地盤に注入される迄の流動性と地盤中における流動性の保持と土粒子間浸透や割裂注入する事なく、塊状固結体の形成と大径への成長という、相反する問題を解決するためにシリカ系非硬化性粉状体、少量のカルシウム系硬化発現材と水の混合物、或はさらにゲル化調整剤を混合し流動性を調節した懸濁液が地盤中における脱水という工程で流動性が低減して、地盤中で塊状体を形成する事に着目した。そして地盤中における注入液の以上の流動特性を示す指標として、1) 流動性を示すフローとスランプ値、2) 可塑状ゲルによるゲル化時間と、3) 可塑状保持時間、4) 非可塑状になる固化時間に着目した。

10

【0021】

このうちゲル化時間とは配合後テーブルフローが20cmになる時間とし、可塑状保持時間とはゲル化後外力を加えても流動しなくなる時間即ち貫入抵抗値が 0.01MN/m^2 を超えた時点迄の時間としてそれを硬化時間とした。そしてこれらが地盤中における圧入脱水という現象による水粉体比の変化によって大きな影響を受ける事に着目した。

【0022】

又更に硬化発現材の量が少なければ強度が低いため、土中で流動性を保ちながら割裂注入される事なく、塊状に大きく拡大して注入材自体による塊状固結体が形成されることを見出した。この場合、硬化物の強度が比較的低い場合施工後地盤中にセメント固結体のような高強度の杭を形成する事がないため地震による振動にも応力集中による破壊を生じ難く、周辺地盤と一体化を保つことが出来ることに着目した。

20

【0023】

本発明者は、上記課題を解決するために種々の研究を行った結果、以下のことが判った。

【0024】

(1) シリカ系非硬化性粉状体は、セメントや石灰等のCa組成物の少量と反応して、初期の段階で表面にCaを吸着して電気的化學的反應を起こし、バインダーとなって擬似的な流動性の低下を生じ、更に脱水を伴って水粉体比が小さくなると、可塑状ゲルを形成し、更に非可塑状ゲル化物を経て固化する。このような現象は、地盤中で脱水によって加速し形成された塊状体が周辺地盤より強度が高ければ、充分本発明効果を得る。又、硬化発現材を加えなくてもその流動特性をフロー或はスランプで特定し、或は水粉体比で水分量を特定する事により、地盤中で土粒子間に浸透したり、或は脈状に拡散する事なく地盤中に塊状体を形成し圧入を続ける事により、塊状体が拡大する。そしてその地盤中における脱水した塊状体が周辺の圧縮された地盤と同じ強度或はそれよりも大きな強度を保っている限りは地盤強化の役を果たす事を本発明者は見出した。

30

【0025】

(2) テーブルフロー、スランプ、シリンダーによるフローは、シリカ系粉状体或はそれに硬化発現材を加えた懸濁液、或はゲル化調整剤を混合した合流液の流動性を示し、テーブルフローが15cm~28cmの範囲、スランプは10cm~28cmの範囲、シリンダーによるフローが約9cm~26cmの範囲にあり、テーブルフローが20cm付近、スランプが21cm付近、シリンダーによるフローが15cm付近で可塑状ゲルになり経時的に或は脱水による水粉体比の低下と共にフローとスランプは低下する。シリカ系非自硬性粉状素材と粉状のカルシウム系硬化発現材からなる粉状体の水粉体比、全粉体中の硬化発現材比を調節する事により、上記地盤注入材の地盤中における可塑状流動特性や地盤中における可塑状ゲル化物の拡大を調整して、更にこの可塑状ゲルに到る迄のゲル化時間や可塑状ゲル保持間を促進剤、遅延剤、増粘剤、流動化剤、解膠剤、起泡剤等のゲル化調

40

50

整剤を用いる事によって、作業性や可塑状ゲルの大きさを調整できる。水粉体比が小さ過ぎたり、硬化発現材比が大き過ぎると脱水によって地盤中で塊状ゲルの拡大が阻害されるため、その比率が重要である。

【0026】

特に硬化発現材比が大きいと地盤中で脱水によって急速に大きな強度となり過ぎ、ゲルの拡大を防ぐのみならず、周辺土に対して大きなコンクリート体が出来たと同様になり、地盤全体の一体化を妨げられ、地震時に局部的な大きな応力を生じ破壊するため改良地盤の耐震性が低下する。又、地盤中で脱水により塊状体を形成するシリカ系粉状体からなる流動性注入液は、上述した人工の粉状素材のみならず掘削土砂や珪砂等を素材とし、それに粘土や増粘剤や保水剤を添加して流動化土として所定の流動特性即ちフローやスランプ値とし、かつ所定の水粉体比を示すように調整し、かつ脱水してテーブルフローが20cm以下になれば可塑状ゲルとなり、土粒子間浸透せず亀裂逸脱しないように注入する事により、周辺地盤がより密になるようにすることにより所定の地盤改良する事が出来る。勿論、上記素材として更に硬化発現材を加えれば強度は増加する。

10

【0027】

(3) 該地盤注入材は送液過程、地盤への圧入過程で時間と共に流動性が変動していく。その流動特性の変化を効果的に利用する事により地盤中で塊状固結体を形成出来る一方、これが注入液の配合調整や注入管理を難しくさせるため、配合範囲の設定のみならず配合管理システム、圧入管理システムが重要になる。

【0028】

(4) 該地盤注入材の混練や圧送並びに地盤中への圧入に適したワーカビリティは、テーブルフローで12cm以上好ましくは15cm以上30cm未満、スランプで5cmより大きく、好ましくは10cm以上28cm以内、シリンダーによるフローで8cmより大きく、好ましくは約9cm以上、26cm以内である。スランプやフローがワーカビリティや土中における塊状体の形成と拡大に大きく影響する。時間と共に逐次変化するこれらの流動性を的確に判断し、フローによって水粉体比と硬化発現材比、ゲル化調整剤の選定とその添加量を管理して迅速に配合並びに流動性を調整することが、地盤中に塊状の可塑状ゲルを形成し、かつ拡大するために重要である。

20

【0029】

(5) ゲル化調整剤を添加すると添加量に応じた可塑状ゲルを形成するゲルタイムの調整ができる。促進剤として水ガラスや硫酸アルミニウム塩を添加することにより容易にフローを小さくしたり、ゲル化時間を短縮する事が出来る。又スランプを20cm付近から10cm程度に減少させる事が出来る。又地盤中における脱水と共に可塑状ゲルを形成させかつそのゲルが可塑状を保持する時間を長くして圧入を継続する事により、塊状ゲルが成長し地盤中に大きな塊状ゲル化物を形成し更に非可塑状ゲルを経て硬化体に変化させる事が出来る。

30

【0030】

この場合、シリカ系粉状体にカルシウム系硬化発現材の混合物をA液とし、水ガラス等の溶液性シリカやアルミニウム塩をB液として合流混合する事により、小さなフローや低スランプの可塑状グラウトを注入する事が出来る。しかし、空洞充填の場合は低いフロー値、低スランプの可塑状グラウトの注入は可能であるが、地盤への圧入工法の場合は地盤中で生ずる脱水によって急速に流動性が失われるため、塊状ゲルの拡大による周辺地盤の圧縮が困難になる。このため合流注入しても注入管吐出口から地盤に注入される時点では、混合液のテーブルフローは12cm以上、スランプは5cmより大きく、シリンダーによるフローは8cmより大きいことが必要である。

40

【0031】

(6) 骨材として粘土、土砂等の現場発生土、珪砂を加える事が出来る。骨材は増量材として役立つのみならず、固結強度や流動性の調整にも役立つ。一般に粉体中の骨材の比率が多くなれば強度は小さくなり、骨材の粒径が大きくなればその流動性は低下する。

【0032】

50

ベントナイトや現場発生土における粘土やシルトやローム等細粒分や高分子剤や増粘剤等は可塑状ゲルの粘性の調節、保水性に優れ、地盤中に圧入された圧入材の脱水を遅らせ、粉状体に対するバインダーとして作用して擬似的結合性のある流動体として作用し、分離分散することなく塊状ゲルを形成しその拡大に役立つ。

【0033】

(7) 硫酸アルミニウム等のアルミニウム塩や水ガラス(水ガラスと酸を混合して得られた酸性水ガラスも含むものも本発明では水ガラスとてみなすものとする)を添加するとスランプの減少、フローの減少、粘性の増大を生ずる。地盤中で地盤注入材が脈状に割裂する事なく、可塑状ゲルが地盤中に形成して塊状ゲルが大きく成長するには、硬化材発現比、水紛体比、アルミニウム比、フロー値、スランプ値の範囲、シリカ溶液からのシリカ濃度等の選定適用方法が重要となる。

10

【0034】

(8) セメント系懸濁型グラウトは、ただでさえ粘性が大きいのにそれを可塑状にすれば地盤中に開口する注入管の注入口からの圧入抵抗並びに注入口に到る迄の送液管の送液抵抗が極めて大きく、かつ送液管やポンプの中で詰まりやすいという問題がある。このため送液を容易にするために薄い配合を用いると地盤中で脈状になる。このため先願技術では裏込め注入と同じように流動性の良いセメント系懸濁液と可塑材を注入管に送液される前の時点で合液して瞬時に可塑状にして、地盤中に圧入後スランプ5cm以下となる可塑状グラウトを圧入する方法が提案された。しかし、注入管の前で可塑状になったセメント系可塑状グラウトが、地盤中で脱水によって直ちに高強度になるため大きな塊状ゲルに成長するのは困難であり又、大きな注入圧力を必要として注入不能になるか、地盤を破壊して逸脱する。

20

【0035】

本発明者は裏込め注入や空隙充填のための可塑状グラウトの注入に比べて、地盤中に圧入して大きなゲルを形成して周辺土砂を圧縮する地盤改良の注入は全く異なる事に着目した。

【0036】

本発明者は研究の結果、地盤中で注入材が割裂によって逸脱せずかつ大きな塊状ゲルに成長するための以下の必要条件並びに塊状ゲル化物の生成とその拡大のメカニズムを見出した。

30

【0037】

1. 該地盤注入材は、地盤中に注入される迄は流動性があるが、地盤中に注入された後は、地盤を割裂して逸脱しない事。

2. 該地盤注入材は、地盤中に注入される前の段階で可塑状ゲルに到っているか、地盤注に注入されて加圧脱水によって流動性が低減して可塑状ゲルの塊状体を形成する事。

3. 塊状体は地盤中で可塑状を保持し、その塊状体はその内部に後続して圧入される可塑状ゲルによって押し拡げられて、塊状体は拡大する。塊状体の外周部では押し拡げられる結果、更に脱水されて非可塑状となり流動性を失い、時間と共に外周部から固化帯を形成して大きな塊状固結体が形成されると共に、その周辺部の土砂の空隙を減少させて押し拡げて、静的に締め固める。

40

4. 塊状体の内部は可塑状を保持している事により、更に該地盤注入材の圧入があれば塊状体の外周部の固化ゾーンがいくつか破れ、可塑状ゲルがその周辺部に押し出されて脱水して非可塑状となり、固化帯が拡大する。固化帯が或る程度以上に硬くなると通常のポンプ圧ではそれをつき破る事が困難になり圧入不能になる。その時点が塊状固化物の大きさとなる。

【0038】

本発明者は研究の結果、流動性はあるが水と分離を起こさない安定した懸濁液または可塑状ゲルを見出したことにより、送液中の送液管中の抵抗圧やポンプ中における詰りが生ずる事なく、地盤中に設置された注入管の先端部から地盤中に圧入された後でも流動性を有し、脱水されても可塑状を呈する該地盤注入材を圧入する事によって、地盤中で可塑状

50

保持時間（加圧されれば流動状態になる時間）を有する可塑状ゲルを形成し、更に塊状体が成長する事を確認し、本発明を完成したものである。

【0039】

懸濁液が地盤中で脱水され可塑状を呈する例としては、表2に示すように配合例1、2は地上部（注入管吐出口に至る迄）では可塑状ゲルになる迄のゲル化時間は480分および300分を要するものが、地盤中においては脱水によって、懸濁液の水紛体比が35% 30% 25%に低下しゲル化時間が2分まで減少し、しかも可塑状保持時間は7.5時間と充分長く保有できブリージングが小さく、粘性が増大して拡散し難くなり、固化物は大きな強度となる。

【0040】

このような特性は従来知られていなかった本発明注入材の流動特性である。即ち、流動性注入材は地盤中に圧入されてから水粉体比が35% 25%迄脱水する迄はゲル化に到らず、25%（脱水率約30%）になって、2分後には、可塑状ゲルを形成し、その時点での可塑状保持時間は7.5時間であって、圧入が続くにつれゲル状のまま大きく生成し、更に脱水或は硬化現象の進行に伴い、非流動性ゲルとなり固化する。

【0041】

従って、このように注入時点で可塑状を呈していなくても地盤中の脱水によって可塑状になり得る。このような流動性注入液の注入においては紛状体を有効成分とする懸濁液を注入してもよいが、さらにゲル化調整剤を混合することで、流動性や保水性に優れた注入材となることを見出し、地盤条件、注入条件に応じた地盤改良が可能となる。

【0042】

本発明の地盤注入材は地上部ではスランプが5cmより大きく、好ましくは10cm以上28cm以内、或はテーブルフローが12cm以上30cm未満、好ましくは15cm以上28cm以下、或はシリンダーによるフローが8cmより大きく、好ましくは約9cm以上26cm以内であり、充分ポンプによる送液が可能な程度の流動性を保有する。

【0043】

以下の本発明者による研究の結果、上述の注入材を圧入し、地盤中に大きな可塑状ゲル化物を形成して強度増加による設計可能な信頼性のある地盤改良工法が可能になった。

【0044】

1. 注入液そのものはポンプによる流動性があるが、地盤中に注入したものが脈状に割裂を生じて不特定に浸透して固結しないようにする。何故ならば、それぞれの注入孔の受け持ち範囲内でゲル化物による塊状固結体が形成されて初めて、その受け持ち範囲における土粒子間隙が減少して塊状固結体周辺の注入孔の間の地盤の密度増加が確実に期待できるからである。

【0045】

2. 地盤中に注入したものが土粒子間浸透しないようにして複数の注入孔の間の地盤の土粒子を塊状体で押しつけるようにする。何故ならば、土粒子間に注入液が浸透したのでは複数の注入孔の間の地盤を圧縮することが出来ず、注入孔の受け持ち範囲における地盤の圧縮による密度増加が確実に期待できないからである。

【0046】

3. 地盤中に圧入されたゲルが塊状に固結体を形成し、なおかつ大径の固結塊に成長するようにする。このためには

[1] 該注入材としてスランプ5cmより大きく及び/又はテーブルフロー12cm以上、及び/又はシリンダーによるフローが8cmより大きく、或は更にスランプ28cm以内、及び/又はテーブルフローが30cm未満、及び/又はシリンダーによるフローが28cm未満である流動性地盤注入材であり、これを地盤中に圧入して脱水して形成される注入材そのものからなる塊状体の拡大によって土粒子を周辺に押しやり、地盤中に塊状固結体を造成し、地盤強化を図る。

[2] 該地盤注入材は脱水によってテーブルフローが20cm以下に達し得る。ここでテーブルフローが20cmになった時点でも可塑状ゲルになった時点とみなす。

10

20

30

40

50

[3] 該地盤注入材は脱水が進むにつれ可塑状ゲルを経て非可塑状となって固化する。

[4] 該地盤注入材は硬化性流動化土又は非硬化性流動化土であって脱水によって流動性を失いテーブルフローが 20 cm 以下に達し周辺地盤と同等又はそれ以上の強度を発現する配合とする。

[5] 該地盤注入材は水粉体比が 30 % 以内で可塑状ゲルになる配合とすれば、地盤中に圧入し続ければ可塑状ゲルとなって塊状固結体が形成される。可塑状ゲルによる塊状体が地中で大きく成長して固結体になるには表1に示す条件が好ましい。

【 0 0 4 7 】

【表 1】

硬化発現材比 $C/F+C \times 100$ (%)	1 重量%以上 50 重量%未満 好ましくは 1~35 重量% さらに好ましくは 1~20 重量%	10
水粉体比 $W/F+C \times 100$ (%)	20~200 重量% 好ましくは 20~120 重量% 更に好ましくは 20~60 重量%	
アルミニウム比 アルミニウム/ $F+C \times 100$	Al_2O_3 換算で 0.01~0.35%	
水ガラス	シリカ分で 0.2~7.0 重量%	20
スランプ (cm)	注入時のスランプが 5 cm より大きく 好ましくは 10~28 cm	
フロー (cm)	注入時のテーブルフローが 12 cm 以上 30 cm 未満 好ましくは約 15~28 cm 注入時のシリンダーによるフローが 8 cm より大きく 28 cm 未満 好ましくは約 9~26 cm	
ブリージング	10% 以下 好ましくは 5% 以下	30
可塑状ゲル或は水粉体比が 30% 以内の減少で可塑状ゲルすなわちテーブルフローが 20 cm 以内になる配合を用いる		

【 0 0 4 8 】

4. 地表面近くは地盤隆起しやすく、又注入液が地表面に逸脱しやすいので、そのような現象を防止する手法も併用する。

【 0 0 4 9 】

5. 長距離の送液パイプ中で分離する事なく流動性を保持し得る事が、建造物が密集した地盤の耐震補強に本技術を適用するための作業性を可能にする。

【 0 0 5 0 】

6. 砂地盤だけでなく粘性土地盤にも適用出来るようにする。

注入液の配合システムから送液管と注入管管路を経て地盤中に注入される経路において、流動性を保持しながら(上記要件5)地盤に注入されてから以上の1、2、3、4のいずれか又は複数の要件を満足するようにする。

【 0 0 5 1 】

可塑状ゲルを呈する迄の時間を短縮するには、ゲル化調整剤として水ガラスやアルミニウム塩を加える事により調整出来る。即ちこれらはゲル化促進剤として作用する。水ガラ

スと硫酸等の酸を混合して水ガラスのアルカリを除去した酸性水ガラスを用いると、極めて早くゲルが形成される。本発明では酸性水ガラスも水ガラスとして扱う。この場合、重曹や炭酸ナトリウムを併用することにより、ゲル化時間を調整できる。又、リグニンスルホン酸塩等のゲル化遅延剤を用いる事も出来る。

【0052】

本発明の地盤注入材の代表的例を言えば、主材となる紛体として石炭灰、焼却灰、火山灰、(スラグ)、粘土、現場発生土、珪砂等のいずれか又は複数と、硬化発現材としてセメント、消石灰、スラグ、石膏等のいずれか又は複数を水と混合し、硬化発現材の添加量は使用する粉状素材中の50重量%未満、好ましくは1~35重量%、更に好ましくは1~20重量%、また水粉対比は20~200重量%、好ましくは20~120重量%、更に好ましくは20~60重量%である。ゲル化調整剤を加える場合は、注入材に含まれる粉体、つまり主材と硬化発現材の総量に対してアルミニウム塩をアルミニウム比が0.1~2.0重量%(Al_2O_3 換算で0.01~0.35%)練り混ぜることにより、フロー12cm以上30cm未満、好ましくは15~28cm、ゲルタイムが3分以内から数100分、可塑状保持時間が数時間から10時間以上、ブリージング率が10%以下好ましくは5%以下、スランプが5cmより大きく、好ましくは10~28cm、シリンダーによるフローが8cmより大きく、好ましくは約9~26cmの注入材となる。

10

【発明の効果】

【0053】

本発明のこのような特性により、又、ゲル化調整剤として水ガラスや酸性水ガラス等のシリカ分を加えると、ゲルタイムも可塑状保持時間も大幅に減少させる事が出来、又、ブリージングもスランプも更にフローも小さくなる。又、主材、硬化発現材となる粉体と水の分離を抑制するため水分保持剤を添加し保水性を高めることが出来る。水分保持剤として高分子剤、或は増粘剤等を用いる。

20

【0054】

本発明の地盤注入材は、ポンプで注入地盤中に圧入される時点では可塑状を呈していなくても、地盤中で加圧脱水される事により容易に可塑状ゲルになる。又、静止すればゲル状となって流動性を失い、それ自体可塑性を呈する自硬性可塑性懸濁液をミキサー等で練り混ぜ、流動化せしめて地盤中に圧入すると、地盤中で注入圧力によるわずかの脱水で懸濁液の水紛体比が減少して流動性を失い、次々に送り込まれる可塑性グラウトが先行して流動性を失ったゲル化物を注入圧で押し拡げながら周辺の地盤を加圧圧縮して塊状固結体の体積を拡大して最終的には注入圧力で拡大不能な強度に達し、ゲル化物からなる固結体を形成し最終的には水和反応で硬化する。

30

【0055】

この結果、地盤中に造成される固結体は土粒子間にも浸透せず、又脈状にも浸透せず、注入圧で圧縮されたゲル化物による固結体が形成されその固結量に相当する土粒子の間隔が減少する結果、高密度化された信頼性のある地盤改良が可能になるといえる。

【0056】

また、亀裂や大きな空洞等に可塑状ゲルを注入し、そこに上記ゲル化促進剤を圧入することにより可塑状ゲルの硬化を促進させ、さらに追い討ち的に可塑状ゲルの圧入、ゲル化促進剤の圧入と繰り返すことにより塊状固結体を造成し、地盤の亀裂や空洞部を密に改良することも出来る。

40

【0057】

圧入による周辺土砂の強化として本発明の目的を達するには、地盤注入材のスランプが5cmより大きく、或はテーブルフローが12cm以上30cm未満、好ましくは15~28cm、或はシリンダーによるフローが8cmより大きく、好ましくは約9~26cmの流動性がある配合を用い、地盤中に圧入することにより脱水を伴いながら可塑状保持時間が充分ある可塑状ゲルを形成し、充分大きな塊状ゲル化物に成長できる点にある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0058】

50

本発明は上述のとおり、シリカ系非硬化性粉状体とカルシウム系粉状硬化発現材、或はさらにゲル化調整剤を有効成分とする安定した流動性に優れた注入材が、地盤中に注入される過程で脱水され可塑状ゲルに変化することに着目し、さらに地盤に注入外管を設置して内管を介して該注入材を圧入することによって、地盤中に塊状固結体を造成して、注入孔に囲まれた地盤の土粒子を周辺に押しやり地盤強化を図ることができる。

【0059】

地盤中で塊状に固結するには、加圧することにより流動できるものの、土粒子間には浸透せず、かつ脈状に割裂しない程度の可塑状ゲルを形成する地盤注入材であって、テーブルフローで現すと12cm以上30cm未満、好ましくは15cm~28cm、スランプでは5cmより大きく、好ましくは10cm~28cm、シリンダーによるフローでは8cmより大きく、好ましくは約9cm~26cmの範囲を示す地盤注入材であることが好ましい。又、地盤中にて加圧脱水による可塑状ゲルの形成を考慮して注入前に可塑状ゲルになっているもの或は水粉体比が30%以内減少で可塑状ゲル(テーブルフローでほぼ20cm以内)になる場合である事が好ましい。

10

【0060】

フロー値やスランプがこれ以下になると、地盤中で可塑状ゲルの塊状固結体の成長が困難になり、これ以上だと脱水しきる前に脈状や亀裂状に割裂注入され、塊状体が形成され難い。ただし、大きな空隙が存在したり、地盤が極めて軟弱な場合は、必要に応じてゲル化調整剤の量を増やしてフローやスランプをこれ以下にして適用できる。

【0061】

本発明は上述の通り、シリカ系非硬化性粉状体、或は更に加える硬化発現材の粉粒素材および水を特定比率で配合し、さらにゲル化調整剤を混合するが、カルシウム系粉体である硬化発現材としてセメント、石灰、石膏、スラグ、のいずれか又は複数の一群(C材)と、水(W材)と混合する。ただし、非硬化性シリカがスラグの場合は硬化材としてのスラグは除外する。

20

【0062】

なお、上記にてスラグは通常の4000(cm^2/g)のプレーン等の一般品でもよいし、それ以上6000~15000(cm^2/g)プレーン等の超微粒子スラグでもよい。硬化発現材比は50重量%未満、好ましくは0.5~35重量%、また1~20重量%の配合でも極めて優れた効果がある。硬化発現材が0の場合はスランプ並びにフローが上記条件を満たすと共に脱水して地盤に圧入された塊状体が周辺地盤と同等又はそれよりも高い強度を有する事が必要である。

30

【0063】

この場合の配合や水粉体比の選定は上下にポーラスストーン又は紙を敷いたモールド中に注入材を充填し、想定した注入圧力相当する圧力で、シリンダーで加圧して脱水させて得られた供試体の強度を測定して、注入した後の周辺土の平均的な土の密度に対応した強度と同程度又はそれよりも大きな強度になるように設定する事が出来る。勿論、硬化発現材を少量加えた場合も同様に配合を設定できる。水粉体比は20~200%、好ましくは20~120%、更に好ましくは20~60%の配合である。ただし、非硬化性シリカがスラグの場合、水粉体比は更に好ましくは30~80%の配合である。ここで、硬化発現材比とは $C / (F + C) \times 100$ であり、また、水粉体比とは $W / (F + C) \times 100$ であり、F、C、Wはそれぞれ重量である。

40

【0064】

注入材が流動性ある状態であっても、地盤中で脱水し注入材の水粉体比が低下することにより、遅かれ早かれ可塑状ゲルになる。可塑状ゲルは力を加えれば流動するが、静止すれば流動を停止する。可塑状ゲルとなるゲルタイムはテーブルフローがほぼ20cmになった時点とする。上記水粉体比、フロー、スランプを呈する流動性注入材は地盤中で加圧脱水する事により、水粉体比が大きい場合でも可塑状ゲルを地盤中に形成することが出来る。

【0065】

50

地盤中において形成された塊状体は、流動性が少ない状態でありながら、出来るだけ広範囲に拡大されて大きな塊状固結体を形成する必要がある。このためにはフローやスランプ値や水粉体比が重要であるし、更に硬化発現材比やゲル化調整剤も重要である。

【0066】

硬化発現材比が過大であると、セメント等を主材とするモルタルグラウトの特性が強くなり、水が分離してブリージングが大きくなり可塑状ゲルになり難く、かつ脱水によって可塑状ゲルでなく非可塑状ゲルとなって、短時間のうちに固化して高強度固結体を形成する。このため割裂して逸脱するか固化して注入不能になる。硬化発現材比が50%未満、好ましくは1~35%であって、また更に好ましくは1~20%であって、地盤中で可塑状ゲルを経て大きく成長した塊状固化物が形成される。特に硬化発現材比は1~20%程度だと強度が低く、地中での可塑状ゲル保持時間が長いために拡大しやすく、又改良された地盤も均等な強度になり、密度が上昇した周辺地盤と一体化して耐震性に優れる。

10

【0067】

さらに、本発明はシリカ系粉状体と、硬化発現材としてセメント、石灰、石膏、スラグ、のいずれか又は複数の一群と、水からなる硬性懸濁液が、可塑性を発現する時間を調整するために硫酸アルミニウムやポリ塩化アルミニウム等のアルミニウム塩を含むこともできる。この場合、好ましくは硬化発現材比を2重量%以上50重量%未満、水粉体比20~80重量%およびアルミニウム比を2.0重量%以下、好ましくは0.1~1.0重量%、 Al_2O_3 換算で0.01~0.35重量%である配合グラウトとする。ここで、アルミニウム比とはアルミニウム材 / (F + C) × 100である。アルミニウム材は重量を表す。

20

【0068】

なお、上記においてゲル化調整剤としてのアルミニウム塩や水ガラスは、複数の管路を有する内管を使用して、シリカ系粉状体、硬化発現材を有効成分とする懸濁液と別々に圧送し合流混合しても良いし、或はシリカ系粉状体と硬化発現材からなる懸濁液にゲル化調整剤を加えた混合液に更にゲル化促進剤を合流混合して注入しても良い。

【0069】

さらに本発明は、粉粒素材の主材として非硬化性シリカ系粉状体、焼却灰、粘土、土砂のような現場発生土、および珪砂の1種又は複数種と、硬化発現材としてセメント、石灰、石膏、スラグのいずれか又は複数の一群と、水に加えて混合する。又、本発明の地盤注入材は発泡剤や起泡剤を加えて流動性をよくし、或は軽量化を図ることが出来る。上記において、粘土、ベントナイトやさらに高分子系増粘剤すなわちポリビニルアルコールやカルボキシメチルセルローズ (C M C) やメチルセルローズ等を添加することにより水に対する分散性を抑制し、沈殿を少なくし、ワーカビリティの改善効果或は保水剤として、又上記主材となる粉粒素材のバインダーとしての役をし、擬似ゲル状にして流動性を保持しながら分散し難い構造をもつ流動体を形成する。この結果地盤中における脱水を低減し、塊状性の拡大を促進する。

30

【0070】

さらに、本発明はシリカ系粉状体、硬化発現材、水からなる懸濁液にベントナイト (B) を加えることでグラウトの流動性の調整し、また水に対する分散性を抑制することができる。この場合、硬化発現材比を50重量%未満、好ましくは2~40重量%、水粉体比20~200重量%、好ましくは30~120重量%であって、ベントナイト比を1~30重量%とする。ここでベントナイト比とは $B / (F + C + B) \times 100$ である。Bは重量を表す。

40

【0071】

本発明は静的可塑状ゲル圧入工法というべき工法であって、サンドコンパクション工法のように大きな機械で振動等を生じず、又低スランプのモルタル圧入工法のように流動性のないモルタルを特殊な装置で圧入する工法のように大きな設備を必要としない。これは本発明における地盤注入材は、粘性は大きい流動性のある懸濁液であるためワーカビリティに優れている事による。このため本発明工法は通常の注入孔法に用いる簡便な装置を用いて、静的にかつ騒音がなく作業場所の狭い領域でも簡単に施工出来るため、極めて公害のない作業性に優れた工法といえる。又曲線状にボーリングして設置出来る注入管を通

50

して注入出来るので、建造物下の斜め注入、水平注入は勿論、曲線と水平を組合せた建造物直下の耐震補強注入も出来る。以下に本発明の施工法について説明する。

【0072】

上述の本発明に係る地盤注入材は地盤中に設置した注入管を通して、老朽トンネルの空隙充填、シールドトンネルの裏込注入、基礎の空隙充填、護岸背部の空隙充填に適しているのは勿論であるが、更に地盤中に注入し、土粒子を周辺に押しやっけて塊状に固結しながら周辺土砂を押しやっけて地盤強化を図ったり、同じ原理で沈下した建造物の復元注入工法に適している。このような地盤注入材の注入に当たり、初期注入圧力を低くして先行注入物の脱水を図りながら注入圧力を段階的に高め、あるいは注入と中断を繰り返して間欠的に加圧しながら注入し、これにより可塑状ゲルの土粒子間浸透と地盤の割裂による逸脱を防ぎながら土粒子を周辺に押し広げて地盤の密度を増大させながら固結してもよい。

10

【0073】

本発明の地盤強化工法では、地盤中に吐出孔を有する外管を設置した後、内管を介して本発明の地盤注入材を圧入するため、外管の設置のための削孔工程と注入材の注入工程を分離できるため、作業性に優れ、地盤に設置した外管が挿入する内管の孔壁保護材の役割をし、内管を所定の注入の位置にして注入するため再注入が可能となる。よって注入工程における注入再注入だけでなく、注入後、所定の効果が得られなかった場合、外管内を再削孔することにより再度内管を通して注入が行え、地盤中の塊状固結体をより増大することが出来る。

【0074】

しかも、この注入は複数の注入ポイントからの同時注入方式、別の注入ポイントへの切り替え注入、即ち図2(b)のような連続注入方式、1つの注入ポイントから他の注入ポイントに移行して注入してから再び戻ってきて繰り返し注入するインターバル注入方式、またはこれら方式の組み合わせで行われる。

20

【0075】

さらに、本発明に係る地盤注入材は、複数の注入ポイントから注入して注入ポイント間の地盤を拘束し、注入管間の地盤密度を増大して地盤を固結することもできる。このような効果を期待出来るのは複数の注入管を0.5m以上3m以内の間隔で地盤に設置するのが望ましい。これ以上だと密度上昇による圧入地盤全体の一体化した地盤改良効果が得られず、局所的な地盤改良となってしまう。なお、本発明注入材の地盤への注入に際し、地盤が粘性土の場合或は粘性土層を介在した地盤の場合、地盤中にドレーン材を設置して地盤中に注入された可塑性注入材の脱水あるいは地盤の脱水を促進しながら注入を行えばより効果的である。

30

【0076】

本発明の地盤強化工法に使用する内管の好ましい形態としては、薬液噴出口の上部に一つのパッカーを有する注入管が好ましい。上述の通り、本発明の注入材は脱水により流動性が失われるため、外管の吐出口より脱水され注入材が外管内で固結してしまうことが考えられる。よってダブルパッカー工法のように内管のパッカーが薬液噴出口の両端に設けられている場合、外管内で注入材が固結してしまうと内管を上部に移動させることができなくなってしまう。しかし、シングルパッカー工法のように薬液噴出口の上部にのみパッカーを有した形態であれば、外管内で注入材が固結した際も上部へ注入ポイントに移行することが可能である。

40

【0077】

さらに上述のシングルパッカー工法において、複数の内管を有することにより、シリカ系粉状体或はそれに硬化発現材を配合した懸濁液とゲル化調整剤を有効成分とする溶液を別々に送液し合流混合した可塑状ゲル注入材を圧入することも可能である。

【0078】

本発明の注入は例えば次の(a)~(d)に示す注入管を設置し行われる。

(a) 先端部に削孔部又は吐出口がある注入管。

(b) 軸方向に複数の吐出口を有する注入管。

50

- (c) 外管に少なくとも一つの袋体パッカーを備えた注入管。
- (d) 管路に吐出口と透水材で覆われた吸水口を設けた注入管。

【0079】

軟弱地盤等の強度を大幅に向上させるために、多量の可塑状ゲルを一度に過大の量を地盤中に形成すると、地盤表面に隆起が生じたり、側方向に地盤を破壊し、逸脱して当該地盤の強度が設定通りに向上しない事態が生じやすい。このため本地盤注入材の特性を生かし、注入初期には低吐出量で注入し徐々に注入圧力を上げて所定の注入圧の範囲で圧入し続けて注入量の増大を図るのが望ましい。注入前の地盤の強度（N値等）、注入深度（上載圧）、注入圧力、注入量、1本当りの受け持ち面積から注入後の改良強度を把握出来る。或は更に地盤変位を加味すれば更に正確となる。又注入中は流動性があり、注入を停止すると、流動性が停止してゲル化或は加圧脱水して擬固状態が現出することから、対象注入土層に少量ずつインターバル方式（時間の間隔をあけて注入する）で反復注入して擬固せしめ、注入された地盤を破壊することなく、圧密し、排除された水分は周辺の土粒子間に分散させ、地盤側方に対する圧密と脱水を行い、ゲル化物による固結径を大きくし或はこれらのグラウトを一定のタイムラグ（時間差）をもって注入する事も効果的である。

10

【0080】

例えば縦方向の注入にあっては、インターバル方式により回を重ねて、注入を行い、先行して注入された地盤注入材に対し、重ねて、該地盤注入材を圧入して、当該地盤を割裂する事なく、地盤注入材を反復的に圧入することにより、当該地盤の側方に対する圧密脱水を行い、地盤強化が行わる。或は当該地盤の所定エリアに所定数の削孔を形成し、各削孔に対し、地盤注入材を、所定タイムラグを介し、一か所で設計量を一挙に地盤注入材の注入が行われないように、設計注入量をいくつか分割して注入することも出来る。このようにして各削孔の可塑性グラウトを相互に所定タイムラグで各土層、又は、各ステージ毎にインターバル方式により注入し、先行して注入した可塑性グラウトが周辺地盤を圧密し、又は、自ら、又は、注入液が脱水することをもって、追い討ち的に重ね注入をすることにより、当該所定数の多数の削孔内に注入する地盤注入材が各削孔の地盤に対し土層又は各ステージ毎に、同様に側方に圧密脱水作用を行い、強度をアップし、全体的に変位を抑制し、当該所定エリアの地盤の強度を増強する事が出来る。

20

【0081】

例えば、所定深度まで先端に吐出口のある注入管を挿入し、注入管の引き上げステップを非可塑状ゲルになる前の可塑状ゲルの範囲内に吐出口が位置するようにステップアップしながら、可塑状ゲルの塊状体を拡大せしめて圧入する。更には、削孔に挿入する注入管に袋体を地表面近くの領域にセットし、内部に懸濁型グラウトを圧入して袋を周辺に膨張させて周辺地盤を圧密することにより、地表面に可塑性注入材を逸脱する事なく地表面を改良し、かつ該袋体より下方から本地盤注入材を圧入する事により、該袋体硬化体に対する可塑状ゲルの乗り越えがなく、該袋体による拘束効果により地盤の隆起等の変位がなく、地盤脱水作用による強度が全体に及び、強度向上が全領域的に図れるようにする事が出来る。

30

【0082】

この場合、袋体の設置領域は地表面に近い深度、例えば3m範囲（特に1.5m範囲）内にあるようにするのが好ましい。何故ならこの領域は可塑状ゲルといえども地表面に逸脱しやすいからである。又、同じ理由でこの地表面に近い領域には注入孔を密に設置することにより地表面の圧縮の均等化を図り、かつ地表面隆起を防ぐ事が出来る。何故ならば地表面に近い深度例えば3m以内（特に1.5m以内）の領域では一本の注入孔から多量の注入を行うと土被りが少ないために地表面に逸脱しやすく、かつ地盤隆起を起こしやすいからである。従って、この領域は注入孔を深度の大きい領域よりも密にして一本当りの注入量を少なくする事によって地表面付近を均等に強化出来る。又、地表面の地盤改良は上載圧が少ないために地盤隆起を起こしやすく、地盤隆起は地表面数m径に及ぶ。

40

【0083】

従って、注入する注入孔を隣接する注入孔へ移行するのではなく、地盤隆起の影響範囲

50

外の注入孔に移行して注入し、地盤隆起が治まった時点で隣接する注入孔の注入を行うのが望ましい。又、地表面に近い領域においては上部から下方に注入ステップを移行して本地盤注入材を圧入して、地表面付近の地盤を圧縮してから改良地盤の最下部まで注入管を挿入し、下部から上方に注入ステップを移行して注入することにより地表面の地盤隆起を低減して、或は上部の拘束効果によりそれより下の確実な改良が可能になる。

【0084】

更に、本地盤注入材の当該地盤に対する注入において、土中水分が排除されるように、排水用のドレーン材を併設して、間欠的（時間をあけて注入する）な排水効果（注入を中断している間に脱水する）による地盤の側方圧密脱水効果を促進させ、或は可塑性注入材の脱水を促進する事が出来る（このドレーン材の適用は粘性土層の地盤強化に適している）。或は排水管を設置して地下水を排除し、当該圧密による速度を向上させるようにする。なお、注管側面に吐出口の他に吸水口を設ける事によって、吐出口から注入材を圧入しながら吸水口から注入材の過剰水や土中水を注入圧で吸い上げて、ドレーン効果を可能にする。

10

【0085】

更に地盤の隆起等の変化を計測するために、レーザー等のセンサーによりリアルタイムで当該変化を測定し、地盤の圧縮量を把握し、或は、当該変化が設計的に異常を生じた時には、即応的に注入を調整したり、或は、注入装置の制御装置を介し、注入量や注入深度の変更を行い、或は注入液の比重や注入量やインターバル時間等を自動的に切り換え的に調整して、所定変位を超えないうちに他のステージに移行し、設計通りの圧密脱水による地盤強度の向上が確実にを行うことが出来、上記地盤の変位測定は地表面における地盤隆起の測定その他、ストレインゲージを張った計測棒を地盤中にセットして測定方向への地盤の部位の変化を知ることが出来、又、地盤中に間隙水圧計を設けて、圧密脱水状況を把握することが出来る。

20

【0086】

図1は注入配置を示す。この発明は、本地盤注入材を注入管から軟弱地盤に低速で圧入すると、注入圧力を加えている間は流動性を呈する可塑状ゲルが塊状ゲルの範囲を拡げるが、地盤中の注入材の先進部では注入圧力による周辺土粒子への脱水によって注入材の含水量が低減して流動性が失われ、可塑状ゲルから非可塑状ゲルになる。このようにして注入孔の間の土の密度が増大して地盤の強度が増加し、地盤を強化する。注入孔間隔は上質

30

【0087】

次に、この出願の発明実施しようとする形態を実施例の態様として、図2に従って説明すれば以下の通りである。図2(a)は所定地盤に複数の吐出口を有する注入外管を設置した後、内管を通して該注入材を注入する。この場合は、地盤における可塑状ゲルが非可塑状ゲルになる前の状態になっている範囲に、その吐出口が位置するようにステージが移動するようにするのが、ゲル化物を拡大する上に好ましい。或はロッド注入管を設置し、下から上、又は上から下に順次注入する。

【0088】

図2(b)の実施形態はインターバル方式の基本的実施例の態様を示すものであり、所定の軟弱地盤3、同様に在来態様同様の形式により所定ピッチの横方向に介して削孔4を所定深度に形成し、該削孔4に図示しない注入管9を設置し、地上の図示しない注入装置から該注入材を所定のタイムラグでインターバル方式により当該注入管9の所定ステージに変換しながら連ねながら注入し、又、所定ステップアップ、或はステップダウンを介し、反復して、注入を地盤3のゾーンごとに反復して追い討ち式に行っていく。この場合も、注入管は注入外管を設置した後に内管を挿入し注入ステージを移向して注入してもよいし、また注入管ロッドを用いてもよい。

40

【0089】

この場合、各サイクルに於ける注入は、注入初期にあっては逸脱しないように低圧で注入し、地盤3内の排水を行いながら、或は注入液の脱水を行いながら注入し所定タイミン

50

グの後、圧送を停止すると、前述の如く流動性を失って経時的に固化し、後注入する地盤注入材は先行して形成されている可塑性ゲルを内側から側方向に押しやり、上側の地上方向には逸脱せず、追い討ち的に横方向に重合する方式で注入され、側方地盤の圧密脱水を図り、注入部位の外周部に於ける脱水が図られて、可塑性ゲルの硬化物による硬化帯が形成され、後注入の地盤注入材による可塑性ゲル化物が重なって大きな塊に増大していく。

【0090】

この場合、当該地盤3の所定エリアに対し、削孔を横方向所定間隔を介し、設定数多数の削孔4を形成させ、各削孔に対し、各別個に注入管9を挿入し、所定タイムラグでバルブ5、ポンプpを介し而して注入装置に接続し、本地盤注入材をコンピューターを有するコントローラー6により所定のプログラムを介して、削孔4に対する注入タイミングをコンピューターを介してずらして、横方向に並列的に形成された該削孔4に対し、バルブ5、コントローラー6を介して所定タイムラグで、インターバル方式により、本地盤注入材を注入して地盤の相隣る削孔4の側方地盤の全領域的な圧密脱水を行って結果的に全領域的な地盤の強度の向上を図ることが出来る。

10

【0091】

すなわち、改良地盤は注入孔を介し注入を、又、所定の領域に一度に多量の本地盤注入材を圧入すると、周辺土が十分な範囲を圧密する前に破壊したり、地盤隆起したりしてしまうが、全注入量を分割してインターバルで圧入すると可塑性であるがために、注入の中断により流動が停止し、その位置に保持され、その周辺土は圧密脱水されている時間と、可塑性グラウトの脱水の時間が与えられ順次塊状可塑性ゲルによる固結体の大きさが成長し、柱状固結体とその柱状固結体に挟まれた、密度の増加した複合地盤となる。

20

【0092】

もちろん、当該態様にあつては、所定のインターバル方式をとることにより、所定タイミングで全削孔4を一巡した後は、初期の削孔4に戻ることが可能であり、該管のインターバルの本地盤注入材の注入において、形成された可塑性ゲルの塊状体は固化し、地盤3に対する圧密状態を維持する。即ち、改良地盤は注入孔を介し注入を、又、所定の領域に一度に多量の本地盤注入材を圧入すると、周辺土が充分の範囲を圧密する前に破壊してしまうが、全注入量を分割してインターバルで圧入すると可塑性であるがため、注入の中断により流動が停止し、その位置に保持され、その周辺土は圧密脱水されている時間と、可塑性ゲルの脱水の時間が与えられ順次塊状可塑性ゲルによる固結体の大きさが成長し、柱状固結体とその柱状固結体に挟まれた密度の増加した領域の複合地盤となる。

30

【0093】

このため、注入圧力は地盤隆起に作用するよりも側方向への圧密作用が生ずる。

【0094】

尚、削孔4の軸方向上方向には所定タイムラグで注入する可塑性ゲルの機能により、変位が垂直方向よりも水平方向に起こりやすく、従って、地盤3の上方への隆起は避けられる。

【0095】

図2(c)は引張強度を有する注入管9(或は、注入管に引張材を抱き合わせた補強材でもよい)を地盤に設置して該注入材を圧入した場合の地盤の強化モデルを図示する。図2(c)に示す様に、地盤を削孔して注入管9を埋設して所定の位置で該注入材を圧入して周辺地盤に固結体形成することにより、周辺の土が圧縮して固結による大きな土中アンカーが形成される。該土中アンカーによって引張強度を有する注入管9が地盤に定着される。この状態だけでも地盤が変位しようと、引張体に伸びが生じ地盤に引張強度が付与される。

40

【0096】

なお、図2(a),(b)において、複数の吐出口を有する注入管9には吐出口にゴムスリーブをかぶせて逆止弁の役をする。この注入管9内にパッカーを有する注入内管を挿入して、最下部の外管吐出口から本地盤注入材を圧入しては上方へステップアップして圧入して地盤強化を行う。また上部から下方へ移行して圧入することも可能である。

50

【0097】

上述の場合、注入外管の設置のためのボーリング作業と注入作業は別々に行うことが出来るとともに、注入外管内を再ボーリングして再注入することも出来るし、注入深度毎に確実な注入が出来、かつ注入外管の引張力を地盤に付与でき杭効果を得ることも出来る。

【0098】

また、本発明注入材と溶液型注入材を併用する事によって、砂質土と粘性土の互層からなる地盤を改良することが出来る。本粘性土は溶液型グラウトによる浸透注入が不可能なため、ゲル強度の大きい懸濁型グラウトの脈状注入が行われていたが、所定範囲に注入する事が不可能なためその効果は不確実だった。しかるに、上記注入管を用いて浸透不能な土層に可塑状ゲル注入材による圧密注入を行い、浸透注入可能な土層は溶液型グラウトで改良する事が可能になる。例えば、溶液型グラウトを注入した上で本地盤注入材を圧入すれば、全体の地盤改良が可能になる。

10

【0099】

而して、上述の如く、この出願の発明においては、地盤3に設置された注入管9より注入された本地盤注入材は、地盤3の側方の加圧脱水作用を行って上方への逸脱は阻止される。従って、地盤の隆起等は生じ難いが、地盤表面の隆起や各相隣る削孔相互間の変形量を測定するために図3に示すようにレベルセンサーによるレベル検出方式を用いる。図3に示すようにレーザービーム発生装置11に対し、地上部の地表面或は建造物注入の影響を受ける位置に設けたレーザー受信装置12を介し、レーザービームセンサー15を設ける。

20

【0100】

そして、受信装置およびコンピューター17を介し、適宜注入制御装置18により、図に示す様に注入管9に対する注入ステージの移行、本地盤注入材の注入の注入量やインターバル時間や比重等を調整的に制御するようにする。このときレーザービーム装置11から発生するレーザービームが精密に作製されたレーザービームセンサー15に対し、受信装置12が上下に変位し、地盤3の隆起等が正確に検出される。そして、コンピューター17を介し、図示しない注入制御装置を発停し、間欠的に注入する本地盤注入材の側方地盤の圧密脱水に最適なタイミングと量で注入を行い、地盤の隆起等を測定しながら、注入の中止、注入量の調整、他の注入地点への移向等最適に注入を行う。

【0101】

なお、当該図3に示す様に、注入の圧密体の側方変位や地盤の隆起等の計測検知はレーザー光線を用い、又、光学的に検知する為に、mm単位の精密な計測が必要である。

30

【0102】

従って、当該削孔4の変位や地盤3の隆起は広範囲に亘って精密な計測が可能であり、該地盤3の変位等の微少な変位を正確に、検出して設計通りの地盤3の強度向上が行える。

【0103】

而して、上述実施例において、側方地盤3に対する圧密脱水作用を介し、該地盤3の強度を向上することが基本的には可能であるが、本地盤注入材の該地盤3に対する注入部位に地盤3中の水分が他方に逸走して他の地盤3部分の流動性を高めたりするおそれがあるが為に、液状化現象等の潜在的な原因を除くべく、本地盤注入材の注入に伴って排除される地盤3中の水分を強制的に配設するべく、ペーパードレンやサンドドレン等のドレン材（排水性や土性の異なる地層を貫通して）を併設し、圧密作用と脱水作用を両方に亘って積極的に行うことが出来る。

40

【0104】

図4は改良すべき地盤に屈曲して、また屈曲と直線を任意に組み合わせボーリングし、或はたて杭から建造物の基礎下に水平ボーリングして得られたボーリング孔中に、複数の外管吐出口を有する外管を設置し、この外管内に、内管を移動自在に挿入し、これにより内管と出口から外管吐出口を経て本地盤注入材を地盤中に注入するようにした態様を示すものであり、これにより地盤注入を施し難い既設構造物下方の支持地盤を急速かつ確実に

50

、かつ経済的に地盤注入し、地盤沈下や、地震時における地盤の液状化を未然に防止する事が出来る。

【0105】

図4(a)は構造物直下の改良すべき地盤処理の基本模式図である。図4(a)に示されるように、ビル、廃棄物処理場、溜め池、貯水池等、移動不可能な構造物の直下の改良すべき地盤の近傍地表面から地盤中に屈曲して、または屈曲と直線を組み合わせ、ボーリング孔を形成する。次にこのボーリング孔中に設けた注入管から可塑性注入材を圧入する。

【0106】

図4(b)は構造物下方の地盤注入例であり、構造物下方の深さ方向に複数層積層して処理することも出来る。

10

【0107】

次にこの出願の発明の他の実施例の態様を図5に示す。図5(a)は可塑性注入材の圧入による杭基礎の地盤の強化モデルであり、図5(b)は土留め壁における可塑性注入材によるアンカー形成の態様を示す。

【0108】

図6は本発明の注入において使用する注入管の注入形態を示す。図6(a)は薬液噴出口上部にパッカーを有する内管を一液式で注入し、図6(b)は複数の管路を有し同様に薬液噴出口上部にパッカーを有する内管を使用して、二液を別々に送液して外管内で混合して注入を行う。また図6(c)は二重管ロッド注入工法でありロッドを1ステップごとに引上げながら注入を行う。

20

【0109】

本発明の注入管理方法としては、注入材の配合から注入材送液系統を通して地盤中の複数の注入ポイントに注入するまでの注入状況を画面表示し、一括監視を行って注入管理を行う。

【0110】

図7は、本発明の実施に供される注入管理方法の一具体例を示すフローシートであって、集中管理装置X1により注入状況の一括監視、管理を行い、常にその状況が注入監視盤X2に画面表示される。

【0111】

図8に集中管理装置X1の操作フローチャートを示しながら、図7について説明する。まず注入目的、注入条件に応じて注入仕様ファイルを集中管理システムに予め設定しておく(システム仕様設定登録)、次いで集中管理装置X1の開始スイッチをONにしてデータ記録を開始する。このとき、注入監視盤X2にもランプでON表示がなされており、注入データを画面に表示される。なお、ここで言う注入仕様ファイルとは材料の配合量、グラウトの流動規定値(適正流動範囲)、また圧力規定値(適正圧力範囲)、規定注入量(適正積算注入量範囲)、すなわち、所望のグラウトの流動特性、注入圧力、流量(単位時間当たり流量および/または積算流量)等である。又、上記において地盤隆起の適正範囲を加えても良い。

30

【0112】

集中管理装置X1の指示により、水、粉粒素材が、それぞれ計量器23を備えた水タンク4、および粉粒素材を貯蔵するホッパ25からミキサー27へ定量供給され、攪拌混合される。またこの時点でゲル化促進剤を添加する場合は、ゲル化促進剤を貯蔵するホッパ26より計量器23を介して添加される。

40

【0113】

ミキサー27内で十分に混合されたグラウトはミキサー27に取り付けられた、或は別に備えられた流動特性計測装置28により流動測定が行われ、結果は集中管理装置X1を介して注入監視盤X2に表示される。ここで示す流動特性とはグラウトのフロー、或はスランプ、ゲルタイム、或は粘度、或はせん断強度(コーンによる貫入測定等が用いられる)等により判断されるものである。所定の流動性が得られると配合完了となり、グラウト

50

はミキサー 27 より導管 29 を介して、さらにグラウトポンプ 30 へと送液される。また所定の流動性が得られていない場合、集中管理装置 X 1 の指示により再度、材料（水、或は粉粒素材、或はゲル化促進剤）の添加が行なわれ、これは所定の流動特性が得られるまで繰り返される。

【0114】

ここではミキサー 27 内から直接グラウトを取り出すことも可能であり、流動特性計測装置 28 および集中管理装置 X 1 を介さなくても、実際に手動で流動性を確認することも出来る。

【0115】

グラウトポンプ 30 へと送られグラウトは注入過程へと移向する。集中管理装置 X 1 からの指示により、バルブ 5 が開けられ、グラウトポンプ 30 は所望の圧力でグラウトを加圧する。加圧されたグラウトは、導管 29'、注入ホース 31、注入管 9 を介して地盤 3 に注入、圧入される。

10

【0116】

導管 29' には、圧力計 p0、流量計 f0 が取り付けられ、測定された注入圧力、流量（単位時間当たり流量および / または積算流量）が集中管理装置 X 1 により管理され、注入圧力および流量が、予め設定された圧力規定値（適正圧力範囲）、規定注入量（適正積算注入量範囲）でない場合、レーザー受信装置 12、レーザービームセンサー 15 を備えたレベルセンサー 36 で地盤隆起量を測定し、適正範囲より大きくなった場合、注入は中断されるか、もしくは集中管理装置により調整、および制御の指示が送信される。また、常時データは注入監視盤に画面表示されるので、注入状況に応じて注入条件の変更が可能であり、または注入緊急停止が行える。

20

【0117】

さらに吐出口付近に圧力計を設けることにより、注入に伴い地盤が圧密されるとともに変化する注入圧力を測定して、効果を予測し、予め設定した改良度が得られるよう注入と補正をリアルタイムで行うことも出来る。

【0118】

なお、流量計 f0 としては、回転流量計、電磁流量計等、任意の流量計を使用でき、パルスで出力された電気信号が、流量は流量圧力制御装置 32 を介して集中管理装置 X 1 に入力され、カウントされる。流量計 f0 および / または圧力計 p0 からの情報に基づく集中管理装置 X 1 からの指示によりグラウトポンプ 30 の回転数を調整して、毎分流量や注入圧力を制御する。

30

【0119】

また、集中管理装置 X 1 により、インバータによってポンプの回転数を調節して流量を制御する。

【0120】

グラウトポンプ 30 はインバータ又は無断変速機を有するポンプ、或はリターン装置を有するポンプであってもよい。インバータや無断変速機は集中管理装置 X 1 の指示を受けなくても、直接流量を調整して所定の圧力値にセットすることもできる。またリターン装置も直接調整して導管 29' の圧力が所望の圧力を保つようにリターンさせることも可能である。なお、上述の調整は手動で行ってもよい。

40

【0121】

またグラウトポンプ 30 に代えて、コンプレッサを用いることも出来る。ミキサー 7 からグラウトを、まず、加圧容器を設けて、これに充填し、次いでコンプレッサの作動により加圧容器中のグラウトを加圧して加圧注入グラウトとする。

【0122】

注入管 9 にはバルブ 5 が取り付けられ、このバルブ 5 は集中管理装置 X 1 からの電気信号によって自動的に開閉される。複数本の注入管 9 を用いて、地盤 3 中の複数の注入ポイント 22 からの同時注入、連続注入、インターバル注入、またはこれらを組み合わせて注入を行なう。またバルブ 5 は注入が完了した時点で手動により閉塞することも出来る。

50

【0123】

全ての注入が完了の後、集中管理装置 X 1 の開始スイッチを OFF にすることにより集中管理装置 X 1 によるデータの記録が終了する。

【0124】

配合から注入までのデータを集中管理装置 X 1 に送信し、注入監視盤 X 2 に画面表示することにより注入状況の一括監視を行なって、グラウトの流動特性、送液系統の注入圧力、流量を所定の範囲に維持しながら注入するとともに、注入の完了、中止、継続、また再注入を行なう。

【0125】

また、内管の形態として複数の管路を有する場合は、送液系統を追加し、新たにゲル化調整剤と水を混合するミキサーを設け、粉粒素材と水の懸濁液を別々に圧送し合流混合し、地盤内に設置した外管より地盤へと注入する。

10

【0126】

本発明に使用される注入工法は、図 7 において、流動特性計測装置、流量圧力制御装置や地盤（或は構造物）変位計測器或は更に自動開閉可能なバルブを設け、これを集中管理装置に接続し、かつデータを注入監視盤に画面表示したことに特徴を有する。注入監視盤には注入年月日、注入時間等の「時データ」、材料の配合量、注入材のグラウト性状等の「グラウトデータ」、注入ブロック No.、注入孔の孔番、注入ポイント等の「場所データ」、注入圧力、流量（単位時間流量や積算流量）等の「注入データ」が表示される。その他、注入液識別データや地盤（或は構造物）変位データを表示することも出来る。

20

【0127】

図 9 に例えば 10 本の送液系統を有する注入を行った際の送液系統のデータ（流量、圧力、積算流量、最大圧力の合計 40 データ）を注入監視盤上に一つの画面で表示した画面を示す。図 9 の画面を詳述すると、以下の通りである。

【0128】

上半分の 2 画面：

グループ 1：1 号～5 号の積算流量、最大圧力デジタル表示

グループ 2：6 号～10 号の積算流量、最大圧力デジタル表示

積算流量は 20 分間の注入量である。また、最大圧力は 30 秒毎に表示され、19 分 30 秒から 20 分までの間の最大値を表示した。最大圧力が設定圧力以上になり続けたら、その送液系統の注入は終了することの判断になる。また、積算流量が設定積算流量に達した場合も、この送液系統の注入は終了することの判断になる。

30

【0129】

下半分の 2 画面：

グループ 3：1 号～5 号の流量、圧力 トレンド表示

グループ 4：6 号～10 号の流量、圧力 トレンド表示

2 画面のそれぞれの左側は各送液系統における時間（t）の経過に対応した瞬時流量と瞬時圧力のチャートを示し、右側は 19 分 30 秒から 20 分までの平均瞬時流量（l / 分）と平均瞬時圧力（MPa）を示す。

【0130】

このようにして、図 9 の画面に示されるように、注入監視盤 X 2 には送液系統 No. 1～10 の送液状態が同時に表示されるが、一つの送液系統毎に画面を切り換えながら表示することもできる。なお、流量圧力制御装置 3 2 における設定圧力、実際圧力、送液流量、積算送液流量を同一画面または別の画面に表示してもよい。これにより、圧力、流量との関係をリアルタイムで把握でき、注入を所定の設定範囲内に納まるように管理できる。また、図 9 において最大圧力の代わりに、圧力や流量を表示してもよい。さらに、集中管理装置は注入仕様ファイル、注入結果一覧表、注入チャート、日計表、週計表、月計表等の帳票作成ならびに解析データの作成をも行うことができる。

40

【0131】

注入仕様ファイルは集中管理装置の動作設定ファイルであり、注入液送液系統の注入完

50

了条件の規定圧力値、規定注入量の設定を行う。各帳票ファイルは登録された流量、圧力、積算流量あるいは最大圧力の各データと、孔番等の手動入力、または自動入力によるデータとから変換作成される。さらに解析データは各帳票から変換作成される。

【0132】

図9の注入監視盤の画面において、各送液システムの1本毎に一枚ずつ、例えば図10に示される注入孔における注入ポイント毎に、ブロックNo.、注入孔No.、及びステージNo.と共に、圧力、流量、チャートを表示することもできる。

【0133】

さらに、これらのデータから注入孔毎に、例えば、図10のブロックNo.1、注入孔No.3について表示すれば、図11に示されるように、各ステージ毎に、時間tに対する注入圧力P、流量Q、および積算流量を表示することもできる。又、これらを図12に示すように三次元的に表示する事によって、各ステージでのN値と土被り圧から想定した許容注入圧力、範囲、目標N値から想定した許容注入量を基準に設定した。各注入ステージにおける注入量から注入前のN値のデータから注入後の目的N値に対応した地盤改良効果の予測がリアルタイムで可能になる。流量を制御する。

【0134】

このようにして、加圧注入グラウトの所定設定の流量ないしは設定圧力をもって、或は限界範囲内の流量ないしは圧力をもって送液注入することで、広範囲の地盤を急速かつ確実に、又注入効果の予測迄可能になる改良が出来る。

【0135】

本発明の形態が、上述した機能を発揮することを確認するために、以下に実施例に基づき具体的に記述する。ただし本発明はこれら実施例によって限定されるものではない。

【実施例1】

【0136】

使用材料

(1) フライアッシュ

火力発電所より排出される石炭灰：FA、シリカ系非硬化性粉状体
(密度 $1.9 \sim 2.3 \text{g/cm}^3$ 、粒度分布 0.1mm 以下が90%以上)

(2) セメント

普通ポルトランドセメント：PC、硬化発現材

(3) 硫酸バンド

硫酸アルミニウム、 $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17.2\%$ 、ゲル化調整剤

(4) 水ガラス

JIS3号水ガラス、 $\text{SiO}_2 = 29.0\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O} = 9.0\%$ 、モル比3.3、ゲル化調整剤

(5) 消石灰

工業用水酸化カルシウム、ゲル化促進剤および硬化発現材

(6) スラグ

スラグ8000プレーン値、硬化発現材およびシリカ系非硬化性粉状体

(7) 石膏

半水石膏、硬化発現材

(8) 焼却灰

ごみ焼却炉より排出される焼却灰、シリカ系非硬化性粉状体
(密度 $2.5 \sim 2.7 \text{g/cm}^3$)

(9) ベントナイト

膨潤度 4.5g/g のベントナイト、増粘剤

(10) 起泡剤

事前発泡型エア発生剤

(11) アルミニウム粉末

事後発泡型エア発生剤

【0137】

10

20

30

40

50

配合例 1 ~ 3

フライアッシュ、セメント、水を練り混ぜる。フライアッシュとセメントの配合量は同様にして水の配合量のみを変化させた。このようにして得られた配合例 1 ~ 3 の地盤注入材の調整条件および物性値を、下記の表 2 に示す。

【 0 1 3 8 】

【表 2】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	水 ml	物性値							
				硬化発現材比 %	水粉体比 %	ゲル化時間 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	初期粘性 cps	1日強度 MN/m ²
1	400	35	153	8.05	35	480	12	3.0	20 (8時間)	740	0.31
2	400	35	131	8.05	30	300	11	2.0	20 (5時間)	950	0.56
3	400	35	109	8.05	25	2	7.5	0.7	20 (2分)	2100	0.84

10

【 0 1 3 9 】

表 2 において、ゲル化時間とは配合後、可塑状ゲルを呈するまでの時間を言い、テーブルフローがほぼ 20 cm となった時点ゲル化時間とする。又、可塑性保持時間とは静止しておけばゲル状を保持するが、力を加えると流動する状態を呈している時間を言う。配合例 3 に示すように水粉体比が小さくなると配合液はただちに可塑状となる。よって配合例 1, 2 のように配合直後は流動性のある懸濁液も地盤中に注入される過程で脱水され、配合例 3 に示す可塑状ゲルとなる。

20

【 0 1 4 0 】

配合例 4 ~ 6

フライアッシュ、セメント、水を練り混ぜる。水の配合量は同様にしてフライアッシュとセメントの配合量を変化させた。このようにして得られた配合例 4 ~ 6 の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表 3 に示す。

【 0 1 4 1 】

【表 3】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	水 ml	物性値							
				硬化発現材比 %	水粉体比 %	ゲル化時間 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	初期粘性 cps	1日強度 MN/m ²
4	400	35	153	8.05	35	480	12	3.0	20 (8時間)	740	0.31
5	370	65	153	14.94	35	420	7	4.5	20 (7時間)	1020	1.50
6	217.5	217.5	153	50.00	35	360	2	6.0	20 (6時間)	4000	4.32

30

40

【 0 1 4 2 】

表 3 より、硬化発現材比が大きくなるとブリージング率が大きくなり、可塑状保持時間が短くなって、初期粘性も高くなる。よって圧送において高い圧力が必要となり、又粉体と水が均等に送れず注入管内で詰まりを起こしやすい。或はゲル化調整剤を添加するとしても脱水によって急速に水粉体比が低下し脈状に割裂注入されやすくなる。よって、硬化発現材比は 50% より少なく、好ましくは 1~40%、またゲル化調整剤として強度発現に影響を及ぼす硫酸バンドやベントナイト等を含めない場合、さらに好ましくは 1~20%、ま

50

た1～10%でも充分効果が得られる。なお本発明において、ポルトランドやセメントでなくても高炉セメント、アルミナセメント、早強セメント、スラグセメント、その他任意のセメントを用いる事が出来る。

【0143】

配合例7, 8

表2の配合例1, 2に硫酸バンドを添加し、ゲル化を促進させた。ここでゲル化を促進するとは配合後可塑性を呈するまでの時間を短縮し、或はフローを小さくすることを言う。このようにして得られた配合例7, 8の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表4に示す。

【0144】

【表4】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	水 ml	硫酸バンド g	物性値									
					硬化発現材比 %	水粉体比 %	硫酸バンド添加量 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm		初期粘性 cps	1日強度 MN/m ²
											5分後	30分後		
7	400	35	153	2.16	8.05	35	0.5	45	14	0.8	×	21.0	1070	0.10
8	400	35	131	2.16	8.05	30	0.5	5	8	0.5	20	18.5	1800	0.21

注) 表中×は測定不能を示す。

【0145】

表4より、硫酸バンドを添加することで、ゲルタイムが短縮されるが、可塑状保持時間はそれ程短縮されず、またブリージング率も減少する。表2の配合例3のようにフライアッシュ、セメント、水の配合においても直ちにゲル化させることも可能であるが、現場における作業性を考慮するとゲル化調整剤を用いた方が効率が良い。ただし、硫酸バンドには強度発現を低下させる性質があるため、粉体に対して添加量は2.0%以内、好ましくは1.0%以内を用いる。

【0146】

[可塑性グラウトとしての要因と条件]

(1) 硬化発現材比

グラウトに含まれる粉体、つまりフライアッシュと、セメントの含有量に対するセメントの含有量： $\text{セメント（硬化発現材）重量} / \{ \text{フライアッシュ（シリカ系非硬化性粉状体）重量} + \text{セメント（硬化発現材）重量} \} \times 100 [\%]$

セメントは硬化発現材であり、かつフライアッシュの可塑材という事も出来る。フライアッシュはセメントと混合することによりポゾラン反応を起こし固結強度を得る。しかし硬化発現材比を大きくすることにつれ、可塑状グラウトとしての特性が低下する。即ち、沈殿してブリージングが大きくなり沈殿したものは流動しにくく可塑状ゲルになりにくい
ため、硬化発現材比は50%未満、その好ましい範囲は硫酸バンド（ゲル化促進剤）を添加しない場合1～20%、好ましくは1～15%、さらに好ましくは1～10%である。また硫酸バンドを添加する場合は2～35%、好ましくは2～20%である。

【0147】

(2) 水粉体比

グラウト中の粉体に対する水の含有量： $\text{水重量} / \{ \text{フライアッシュ（シリカ系非硬化性粉状体）重量} + \text{セメント（硬化発現材）重量} \} \times 100 [\%]$

この値が小さいと可塑状になりやすい。即ち配合後可塑状ゲルになる時間が短くなり、かつフロー値が小さくなる。しかし水粉体比が小さすぎると作業性を損なうため、その範囲は20～200%、好ましくは20～120%、更に好ましくは20～60%（重量比）とする。しか

10

20

30

40

50

し使用するゲル化調整剤によって、水粉体比は大きくとることができる。例えば、水ガラス等のゲル化促進剤やベントナイト、高分子剤等の増粘剤である。その他、混合条件、環境、また材料により、グラウトの性状は異なってくるため、後に示すブリージング率、フロー値、強度の測定が重要となる。

【0148】

(3) 硫酸バンド添加量

グラウト中の粉体に対する硫酸バンドの添加量： $\text{硫酸バンド重量} / \{ \text{フライアッシュ} \{ \text{シリカ系非硬化性粉状体} \} \text{重量} + \text{セメント} (\text{硬化発現材}) \text{重量} \} \times 100 [\%]$

硫酸バンドはゲル化促進剤であり、フライアッシュとセメントの流動性ある状態の中に添加すると、ゲル化を促進させ、可塑状ゲルになる時間を早める。ただし、硫酸バンドには固結強度を低下させる作用もあるので、その添加量は2.0%以下、好ましくは0.1~1.0%とする。

10

【0149】

(4) ゲルタイム

ここでは一般的な水ガラス系グラウトにみられるような固化状となる化学的ゲル化を意味するのではなく、配合後、自重による流動性がなくなり、力を加えると流動する可塑状ゲルとなるまでの物理的ゲル化時間をゲルタイムと表現する。一般の水ガラスを主材とするグラウトと違って、明確なゲル化時間を示すことはできない。よってテーブルフローを用いてその値が20cm以下になった時をゲル化とみなし、これをゲルタイムとした。

【0150】

(5) 可塑状保持時間

アスファルト針入度試験方法JIS K 2530-1961に準じて総質量230g、先端角度15度、36mmの貫入コーンを用いて静的貫入抵抗を測定し、貫入抵抗値が $0.01\text{MN}/\text{m}^2$ を越えた時非可塑状ゲルとなって固結または硬化とみなし、ゲル化から固結に至るまでの時間を可塑状保持時間とした。

20

【0151】

(6) ブリージング率

配合後、グラウトを十分に混合させ、次いで、200mlメスシリンダにグラウトを入れて静止密閉し、1時間経過後にブリージング水量（上ずみ液）を測定し、次式よりブリージング率を求める。 $(\text{ブリージング水量} / \text{メスシリンダ容量}) \times 100 [\%]$

30

ここでは1時間経過後のブリージング率を示す。1時間経過後のブリージング率が10%以上の配合では、注入液が分離しやすく脈状または亀裂状に注入されやすい。その後、時間が経過すると更にブリージング率が増大するので、従って1時間経過のブリージング率は10%以下、好ましくは5%以内の配合が好ましい。図13に、表2, 4における硫酸バンドの有無による水粉体比とブリージング率の関係を示す。

【0152】

(7) フロー値

フロー試験（JIS R 5201テーブルフロー）に基づき、グラウトに15秒間に15回の落下運動を与え、その広がり測定した。可塑状グラウトとしては約18~19cmが適しているとされているが、本発明ではフロー値が20cm以下になる時点で自重による流動性がなくなったものとして、ゲルタイムとした。本発明における流動性注入材は地盤中に注入して加圧脱水によって水粉体比が低下してテーブルフローが20cm以下に至る配合が用いられる。

40

【0153】

また、シリンダーによるフローは、高さ8cm、直径8cmの円筒にグラウトを詰め、円筒を取り除いたときのグラウトの広がりを測定するものである。上述のテーブルフローよりも簡易に測定できるため現場などで用いられることが多いが、簡易であるため人為的な誤差が生じる可能性がある。図16に、テーブルフローとシリンダーによるフローのおおよその関係を示す。

【0154】

50

このような配合では、水粉体比が大きな配合でも脱水によって地盤中で水粉体比が20%以下になり可塑状ゲルから非可塑状ゲルを経て固化する。

【0155】

(8) 初期粘性

B形粘度計を用いて配合直後の配合液の粘度を計測した。混合直後は流動性があるため計測できたが、ゲル化すると100000cps以上となり、測定不可となる。図14に、表2, 4における硫酸バンドの有無による水粉体比と一軸圧縮強度の関係を示す。

【0156】

(9) 一軸圧縮強度

配合後、十分に混合したグラウトを直径5cm、高さ10cmのモールドに詰め、静止した状態で1日養生し、一軸圧縮強度を測定した。図15に、表2, 4における硫酸バンドの有無による水粉体比と一軸圧縮強度の関係を示す。

【0157】

図15によると、硫酸バンドの添加により強度が低下している。また水粉体比が多いと固結するまでの時間が長くなるため、水粉体比が小さいものよりも強度発現が遅くなる。

【0158】

配合例9～11

フライアッシュ、セメント、消石灰、水を混合した懸濁液に水ガラスを混合する。このようにして得られた配合例9～11の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表5に示す。

【0159】

【表5】

配合例	B液		A液 ※1				物性値									
	水ガラス ml	水 ml	フライアッシュ g	セメント g	消石灰 g	水 ml	硬化発現材比 %	水粉体比 %	消石灰添加量 %	SiO ₂ %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm		強度 MN/m ² 1日
														5分後	30分後	
9	20	110	200	20	10	171	9.09	127.51	4.55	1.51	40	1.7	0.5未満	×	22	0.15
10	20	110	200	20	20	166	9.09	125.45	9.09	1.86	30	1.3	0.5未満	×	20	0.19
11	25	105	200	20	20	171	9.09	125.24	4.55	1.88	1	1	0.5未満	16	15	0.21

注) 表中×は測定不能を示す。

【0160】

(1) 消石灰添加量

グラウト中の粉体に対する消石灰の添加量

消石灰添加量 / {フライアッシュ(シリカ系非硬化性粉状体)重量 + セメント(硬化発現材)重量} × 100 [%]

消石灰はゲル化促進剤であり、セメントと同様フライアッシュと混ぜるとポラゾン反応を起す。ただし、セメントほど固結強度は得られない。ここでは可塑状とするため、またその保持時間を有するためのゲル化促進剤として用いた。その範囲はセメント添加量にもよるが3～15%が好ましい。

【0161】

(2) シリカ濃度

グラウト中のSiO₂量

水ガラスのSiO₂% × (水ガラス重量 / グラウト重量) [%]

本出願人による実験によればグラウトを可塑状、および固結させるためには、その他の材料の配合比率にもよるが、シリカ濃度は0.2～7.0%とする。ただし3号水ガラスのモル比以下の低モル比水ガラスを用いる場合は3.0～7.0%が好ましい。勿論、高モル比の水ガラスや粉状水ガラスを用いる事も出来る。また水ガラスと酸を混合してなる酸性水ガラス

もゲル化促進剤として用いることができる。この場合も本発明では水ガラスと表現する。

【0162】

(3) 特性および比較

表5の配合の特徴としてゲルタイムの調製がしやすく、また可塑状保持時間はやや短い
が、早期強度の発現は顕著であることが挙げられる。よって、早期強度の発現を重要視す
る場合に適している。可塑状グラウトをA液として、水ガラス水溶液をB液として、A液
のゲルタイムを短縮させることができる。また、グラウトをゲル化後よく練り混ぜること
によって、早期強度の発現は低下するが、可塑状保持時間を長くすることができる。よっ
て、ゲル化後よく練り混ぜたものを注入することにより、長時間の注入を要する目的やイ
ンターバル注入により、一度注入した注入ポイントに再度注入をくり返して、注入体を拡
大する地盤改良に適している。

10

【0163】

配合例12, 13

フライアッシュ、セメント、水、ゲル化促進剤を配合し経時的に可塑状となり固結する
上述の配合例7にさらゲル化促進剤を添加し、ゲルタイムを早めた。ゲル化する前の流動
性がある状態の配合例7に、硫酸バンド水溶液、ならびに水ガラスを水で希釈した水溶液
を添加した。配合比率は配合例7のグラウトが20に対し、可塑剤の水溶液を1とした。こ
のようにして得られた配合例12、13の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表
6、7に示す。

【0164】

20

【表6】

配 合 例	A液		B液		物性値							
	配合例 7 ※ ml	硫酸 バンド g	水 ml	硬化発 現材比 %	水紛 体 比 %	硫酸バンド 添加量 %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時間 時間	ブリー ジング 率 %	フロー値 cm		2日 強度 MN/m ²
										5分後	30分後	
12	400	4.5	17.95	8.05	38.6	1.38	35	30	0.3	24.2	21.0	0.18

※配合例7は可塑状グラウトである。

30

【0165】

【表7】

配 合 例	A液		B液		物性値								
	配合例 7 ※ ml	水ガラス ml	水 ml	硬化発 現材比 %	水紛 体 比 %	硫酸バンド 添加量 %	SiO ₂ %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時間 時間	ブリー ジング 率 %	フロー値 cm		1日 強度 MN/m ²
											5分後	30分後	
13	400	9.85	10.15	8.05	38.6	0.5	0.56	1	1.5	1.2	19.5	16.6	0.42

※配合例7は可塑状グラウトである。

40

【0166】

(1) 配合例12、13の特性および比較

可塑状グラウトである配合例7に、水ガラスを水で希釈した水溶液を添加した場合、ゲ
ルタイムは極めて短くなり、また可塑状保持時間も短くなり強度発現は顕著となる。よっ
て早期強度の発現を重要視する場合に適している。またA液が可塑状グラウトでB液が水
ガラス水溶液の場合、A液・B液の混合注入管によって塊状ゲルの形成が容易である。

【0167】

配合例14, 15

フライアッシュ、セメントに、増粘剤としてベントナイトを混合した。その配合例14

50

、15の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表8に示す。

【0168】

【表8】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	ベントナイト g	水 ml	物性値							
					硬化発現材比 %	ベントナイト添加量 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 mm 1分後	7日強度 MN/m ²
14	180	40	30	200	16	12	80	1	8.5	0.1	20.1	0.27
15	170	40	40	200	16	16	80	0.5	7	0.0	18.6	0.40

10

【0169】

(1) 水粉体比

グラウト中の粉体に対する水の含有量： $\text{水重量} / (\text{フライアッシュ重量} + \text{セメント重量} + \text{ベントナイト重量}) \times 100$ [%]

ここではフライアッシュとセメント以外の粉状体に増粘剤としてベントナイトを配合した。ベントナイトはグラウト中の粉状体とみなした。ベントナイトを配合するとグラウトが増粘されるため、水粉体比が大きくてもグラウトは可塑状となる。よって、水粉体比の範囲は20～200%、好ましくは30～120%である。

20

【0170】

(2) ベントナイト添加量

グラウト中の粉体に対するベントナイトの含有量： $\text{ベントナイト重量} / (\text{フライアッシュ重量} + \text{セメント重量} + \text{ベントナイト重量}) \times 100$ [%]

ベントナイトは増粘剤および保水剤であり、可塑状の性状に寄与する。ただし、ベントナイトを多量に使用すると長期強度の発現に悪影響を及ぼすため、その好ましい範囲は1～30%である。

【0171】

(3) 配合例14、15の特性および比較

増粘剤としてベントナイトを配合するとグラウトの粘性が上がり、同量のセメントのみを用いたときよりも早く可塑状となる。さらに、ブリージングも小さく、水への分離を抑制する効果が得られる。ベントナイトを添加することにより流動性を調節でき、保水効果を付与することが出来る。しかし、ベントナイトは長期強度の発現に影響を及ぼすため、ベントナイト添加量は1～30%が好ましく、また硬化発現材比は50%未満、好ましくは2～35%である。

30

【0172】

配合例16

フライアッシュ、セメントに細骨材(山砂)を混合した。その配合例16の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表9に示す。

40

【0173】

【表 9】

配合例	フライアッシュ g	細骨材 (山砂) g	セメント g	水 ml	物性値							
					硬化発現材比 %	細骨材添加量 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	1日強度 MN/m ²
16	140	360	10	110	1.96	70.59	21.57	3	8.5	1.2	19.8 (5分)	0.25

10

【0174】

配合例 17

フライアッシュとセメントを泥水で混合した。その配合例 17 の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表 10 に示す。

【0175】

【表 10】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	泥水		物性値							
			粘土 g	水 ml	硬化発現材比 %	粘土添加量 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	1日強度 MN/m ²
17	260	20	65	235	5.80	18.84	68.12	2	15	0.5	19.7 (5分)	0.08

20

【0176】

(1) 水粉体比

グラウト中の粉体に対する水の含有量：水重量 / (フライアッシュ重量 + セメント重量 + 細骨材重量、粘土重量) × 100 [%]

ここではフライアッシュとセメント以外の粉状体に増量材として、細骨材、また混合水として粘土を含む泥水を用いた。これらはグラウト中の粉状体とみなした。

【0177】

(2) 配合例 16 の特性および比較

フライアッシュ、セメントに増量材として細骨材 (山砂) を混合することができるが、細骨材が多いとブリージング率が大きくなる傾向があるので、よって細骨材添加量 80% 以下が好ましい。また、硬化発現材比は 50% 未満、好ましくは 1~20%、水粉体比は 20~150% が好ましい。

【0178】

(3) 配合例 17 の特性および比較

フライアッシュとセメントを泥水で混合したものは、泥水に含まれる粘土により増粘され、かつ流動性や保水性が向上するため、増粘材、または流動化材、または保水材としての効果があり、土中における可塑状ゲルの拡大に効果がある。よって、泥水中に含まれる粘土の含有量によりグラウトの性状を調節することができる。硬化発現材比は 50% 未満、水粉体比は 20~150% が好ましい。

40

【0179】

配合例 18, 19

エア発生剤として事前発泡型の起泡剤と事後発泡型のアルミニウム粉末をフライアッシュとセメントのモルタルに混合した。その配合例 18, 19 を表 11、表 12 に示す。エア発生剤は固結体の密度を小さくする事の他に流動性を向上させる効果がある。

【0180】

50

【表 1 1】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	起泡剤 g	水 ml	物性値					
					硬化材 発現比 %	水粉体 比 %	起泡剤 添加量 %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時間 時間	フロー値 cm (経過)
18	162	54	0.8	130	25.00	60.2	1.48	270	10	19.8(5時間)

10

【0 1 8 1】

【表 1 2】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	アルミニウム 粉末 g	水 ml	物性値					
					硬化材 発現比 %	水粉体 比 %	アルミニウム 粉末添加 量 %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時 間 時間	フロー値 cm (経過)
19	162	54	0.02	130	25.00	60.2	0.01	120	5	20.0(2時間)

20

【0 1 8 2】

(1) 起泡剤添加量

グラウト中に含まれるセメントに対する起泡剤の含有量を起泡剤重量 / (セメント重量) × 100 [%] とすると、起泡剤添加量は0.5 ~ 1.5% (対セメント重量比) が好ましい。

【0 1 8 3】

(2) アルミニウム粉末添加量

アルミニウム粉末はセメント等のアルカリに反応して水素ガス(起泡)を発生する。グラウト中に含まれる粉末に対するアルミニウム粉末の含有量をアルミニウム比 : アルミニウム粉末重量 / (フライアッシュ重量 + セメント重量) × 100 [%] とすると、アルミニウム比0.01%程度が効果的である。

30

【0 1 8 4】

(3) 配合例 18、19 の特性および比較

エア発生剤には固結体の密度、及び比重を小さくすることの他に、流動性を向上させる効果がある。

【0 1 8 5】

配合例 20, 21

本発明の注入材の主材となるシリカ系非硬化性粉状体として、焼却灰、火山灰を使用した。焼却灰はフライアッシュと1対1の量で配合し、火山灰はフライアッシュと1対3の量で配合した。このようにして得られた配合例 20, 21 の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表 13, 14 に示す。

40

【0 1 8 6】

【表 1 3】

配 合 例	フライ アッシュ g	焼却灰 g	セメント g	水 ml	物性値							
					硬化発 現材比 %	水粉体 比 %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時間 時間	ブリー ジング 率 %	フロー値 cm		1日 強度 MN/m ²
										5分後	30分後	
20	200	200	35	108.8	8.05	25	3	10	0.3	19.1	18.4	0.32

10

【 0 1 8 7】

【表 1 4】

配 合 例	フライ アッシュ g	火山灰 g	セメント g	水 ml	物性値							
					硬化発 現材比 %	火山灰 添加量 %	水粉体 比 %	ゲル タイム 分	可塑状 保持時間 時間	ブリー ジング 率 %	フロー値 cm (経過)	1日 強度 MN/m ²
21	300	100	35	152.5	8.05	22.99	35	2	9	0.3	18.5 (5分)	0.25

20

【 0 1 8 8】

(1) 水粉体比

グラウト中の粉体に対する水の含有量：水重量 / (フライアッシュ、焼却灰、火山灰、
(シリカ系非硬化性粉状体)重量 + セメント重量) × 100 [%]

ここでは硬化発現材とフライアッシュ以外の非硬化性粉状体として焼却灰、火山灰を用いた。その他にも現場発生土や珪砂等を用いることができる。

【 0 1 8 9】

(2) 配合例 20、21 の特性および比較

表 1 3 の配合例 20 と、表 2 の配合例 3 を比較すると、焼却灰を混合した配合例 20 の方がブリージング率は減少し、フロー値が小さくなった。また、表 1 4 の配合例 21 と、表 2 の配合例 1 を比較しても同様の結果が得られた。焼却灰や火山灰を混合すると、フライアッシュのみの場合よりも流動性を失いやすく、また強度発現も低下する傾向にあると考えられる。ただし可塑状保持時間は長いため、これとゲル化調整剤を混合することで流動性や固結強度の調整が可能となる。硬化発現材比は 50% 未満、好ましくは 1~20%、水粉体比は 20~150% が好ましい。

30

【 0 1 9 0】

配合例 22, 23

本発明の注入材の主材となるシリカ系非硬化性粉状体としてスラグを使用し、セメント、水と混合する。このようにして得られた配合例 22, 23 の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表 1 5 に示す。

40

【 0 1 9 1】

【表 1 5】

配合例	スラグ g	セメント g	水 ml	物性値						
				硬化発 現材比	水粉 体比	ゲル タイム	可塑状 保持時間	ブリー ジング	フロー値	1日 強度
				%	%	分	時間	率 %	cm (経過)	
22	400	35	261	8.05	60	90	10	0.5	20.8 (1時間)	1.15
23	400	35	217.5	8.05	50	2	8	0.5	18.5 (5分)	4.32

10

【0192】

(1) 水粉体比

グラウト中の粉体に対する水の含有量：水重量 / (スラグ重量 + セメント重量)
× 100 [%]

【0193】

(2) 配合例 2 2、2 3 の特性および比較

主材として、フライアッシュを使用した場合とスラグを使用した場合を比較すると、スラグの方がセメントとの反応が良好であり、配合例 2 と比較すると、硬化発現材比は同様に、水粉体比が倍になっているにもかかわらず、ゲルタイムは早く、また強度発現も顕著である。これにゲル化調整剤を加えることも可能である。ただし、スラグ、セメント、水のみ配合でも強度発現が急速であるため、ゲル化調整剤に促進剤を用いた場合、硬化が促進し可塑状保持時間が短くなることが考えられる。硬化発現材比は50%未満、好ましくは0.5~35%、更に1~20%が好ましく、また水粉体比は20~200%、好ましくは25~100%、更に30~80%が好ましい。

20

【0194】

配合例 2 4 ~ 2 6

硬化発現材として、消石灰、スラグ、石膏を使用し、フライアッシュ、水と混合した。このようにして得られた配合例 2 4, 2 5, 2 6 の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表 1 6, 1 7, 1 8 に示す。

30

【0195】

【表 1 6】

配合例	フライ アッシュ g	消石灰 g	水 ml	物性値							
				硬化発 現材比	水粉体 比 %	ゲル タイム	可塑状 保持時間	ブリー ジング	フロー値		1日 強度
				%	%	分	時間	率 %	5分後	30分後	
24	400	35	130.5	8.05	30	4	20	2.0	19.6	18.9	0.09

40

【0196】

【表 17】

配合例	フライアッシュ g	スラグ g	水 ml	物性値						
				硬化発現材比 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	1日強度 MN/m ²
25	400	35	130.5	8.05	30	180	17	1.2	20 (3時間)	0.27

10

【0197】

【表 18】

配合例	フライアッシュ g	石膏 g	水 ml	物性値						
				硬化発現材比 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 分	ブリージング率 %	フロー値 cm (経過)	1日強度 MN/m ²
26	400	35	208.8	8.05	48	4	15	0.5	14.5 (5分)	0.08

20

【0198】

(1) 硬化発現材比

グラウトに含まれる粉体の含有量に対する硬化発現材の含有量：硬化発現材重量 / (フライアッシュ重量 + 硬化発現材重量) × 100 [%]

それぞれ硬化発現材として、消石灰、スラグ、石膏を使用したのので、硬化発現材重量とは消石灰添加量、スラグ添加量、石膏添加量を意味する。

【0199】

(2) 配合例 24 の特性および比較

硬化発現材として消石灰を用いた場合、セメントと同様、フライアッシュに添加するとボゾラン反応を起こすが、この反応は非常に緩慢であるため、可塑状にはなるが固結には時間がかかり、また十分な固結強度を得るためには数週間かかる。よって、消石灰は硬化発現材よりも増粘材として有効である。よって、配合例 9, 10, 11 のようなセメントとの併用やゲル化促進剤と混合することにより優れた効果が期待できると考える。

30

【0200】

(3) 配合例 25 の特性および比較

硬化発現材としてスラグを用いた場合、セメントよりも若干早くゲル化し、可塑状保持時間は長くなるが、セメントに類似した結果となる。よって、ゲル化調整剤を混合することでゲル化時間、流動性の調整が可能となるが、同量のセメントを混合したときよりもスラグの場合、強度発現が遅れるので強度低下作用があるゲル化調整剤を多量に混合することは好ましくない。

40

【0201】

(4) 配合例 26 の特性および比較

硬化発現材として石膏を用いる場合、石膏は反応が早いため可塑状にもなりやすいが、強度発現も早いため可塑状保持時間が極めて短くなる。よって、遅延剤等を用いることにより、ゲル化時間を調整することが好ましい。或は早急に強度を高めたい場合、促進剤の使用も可能である。

【実施例 2】

【0202】

本発明の特徴である塊状固結体（球状固結体）の造成について、野外注入実験を行った

50

。配合液は表19の配合を用い、対象とした地盤はおよそN値が7、相対密度が40%、細粒分含有率が20%未満である砂質土地盤である。比較例として従来の水ガラス系懸濁型瞬結配合（以下、瞬結配合）の比較例1は瞬結配合（ゲル化時間10秒、可塑状保持時間なし）であり、比較例2はLW（ゲル化時間1分、可塑上保持時間なし）である。比較例1、比較例2の配合はそれぞれ表20、表21に示す。また、実施例1の配合例を用いた実施例を表19に示す。配合液の混合と可塑状ゲルの生成と圧入状況についても、区分をA～Fに示す。掘削調査における固結状況をI～VIに示す。

【0203】

表19より、区分Aによる圧入ではシリカ系非硬化性粉状体、カルシウム系粉状硬化発現材、水からなる懸濁液および可塑状ゲル、或はゲル化調整剤を混合し可塑状ゲルとしてそのまま設定圧力で圧力不能になる迄圧入した場合、可塑状ゲル化物によるほぼ球状の固結体を形成する。ゲル状塊状体の成長は可塑状保持時間が長く強度が大きい水粉体比、硬化発現体比配合が大きな塊状体をつくる。

10

【0204】

区分Bによる圧入では、混合後、可塑状ゲルにならないうちに注入を開始して注入過程中で可塑状ゲルに到り、そのまま設定圧力で注入不能になる迄圧入した場合、形状が不定形になるが注入対象範囲内に塊状固結体を形成した。これは圧入初期において流動性が充分ある配合液が地盤の圧入抵抗の小さく弱い方向に圧入され脱水と共に流動性が低下し、更に可塑状になった注入材が圧入されて塊状体が拡大して固化したものである。この場合、球状体でなくとも弱い部分を中心に締固めたものであるから改良効果は充分得る事が出来る。

20

【0205】

区分Cによる圧入では、混合後、そのステージの圧入が完了する迄は可塑状ゲルには到らないが、圧入時間と共に圧力が上昇し最終的に注入量がゼロになって注入が不能になったもので、掘削結果の調査では注入初期では流動性が大きいため一部受持ち範囲外迄脈状に割裂注入されるものの、地盤中で脱水によって流動性が失われ、受持ち範囲内で可塑状ゲルの形成と共に塊状ゲルが大きく成長し、周辺地盤を圧縮強化する効果が得られる。

【0206】

区分Dによる注入では、ゲル化液可塑状保持時間のない通常の水ガラスグラウトであってゲル化と共に圧力は上昇するが、更に注入すれば脈状に割裂して受持ち範囲以外迄逸脱して脈状に固結する。このため対象地盤を高密度化する効果は殆どない。

30

【0207】

区分Eによる注入では、一般の可塑状を呈さない配合液であって注入中に初圧のまま圧力上昇を示さず、注入対象範囲外へ逸脱して改良効果は殆ど生じない。

【0208】

区分Fによる圧入では、地盤注への注入時点において既に流動性が殆どないから、注入管吐出口から地盤に吐出されるとすぐに吐出口の外側で脱水が生じ、吐出口の内側の注入材が脱水し、更に加圧するにつけ注入管内の注入材の脱水が注入管内の上方に及び、ついには注入管全体が固化して注入不能に陥る事がわかった。

【0209】

これが流動性の少ない可塑性グラウトを地盤中に注入するといくらポンプ圧を上げてても注入不能になり亀裂注入も生じないという現象が生ずる理由でもある。

40

【0210】

区分A、B、Cにおいては注入後の掘削調査において固結体の体積と注入量を測定したところ、その脱水量はほぼ30%以内であった。これより上記流動範囲の注入材を注入不能になる迄加圧脱水して地盤注に圧入すれば、脱水率がほぼ30%以内で流動不能な塊状ゲルが地盤注に形成される事がわかった。これらの現象も含めて種々の野外圧入実験より該注入液の注入時の配合液が注入時点で可塑状ゲルに到っているか、或はその時点では可塑状ゲルになっていなくても注入中に地盤に注入される前の段階で、可塑状ゲルに到るか、或は配合液から30%以内の脱水によって可塑状ゲルが注入中に形成されるように配合を設定

50

すれば地盤中で塊状ゲルが形成されることがわかった。

【0211】

表19は、N値が10以下の地盤における改良効果の例である。例えば、具体的には配合例3の場合、配合後5分間混合し毎分吐出量5l/min、初期圧力1.0MN/m²、最径圧力3.0MN/m²、注入速度がゼロになった。全注入量が50l圧入した掘削調査の結果、ほぼ35l（脱水率30%）の塊状ゲルが形成されている事がわかった。

【0212】

可塑状の圧入工法の改良効果は、地盤中で流動性の低下する可塑状ゲルの圧入であるから、ポンプ圧で圧入出来る範囲のゆるい地盤が対象となり、通常N値が15以下、最も好ましくはN値が10以下の軟弱地盤である。しかし、液状化防止や基礎の補強にあってはN値

10

【0213】

このような地盤では配合3をA区分のように注入した場合、注入後1MN/m²から2分以内に注入圧が3MN/m²に上昇し圧入が困難になって、例2の配合を3時間混合後、毎分吐出量5l/minで初期圧力0.1MN/m²で注入したところ、5分後1.0MN/m²となり更に最大圧力2.0MN/m²を限界圧として全注入量が50lになるように圧入した。同塊状固化体の先行部に一部亀裂が認められ中心部側が亀裂を中心に大きな厚さの塊状固化体が

20

【0214】

これより注入時に可塑状ゲルの状態の圧入はN値が15以内でも地盤中で可塑状ゲルが成長し拡大するが、地盤のN値が15以上になると可塑状ゲルのまま圧入し続ける事が困難となる。しかし、注入初期において可塑状ゲルでない状態の配合液を地盤に注入する事により、N値が15以上の大きな地盤でも脈状に亀裂を形成しながら割裂し脱水可塑状ゲルになると、流動性が低下し亀裂中でゲルとなりそのゲルを中心に塊状ゲルが拡大して大きな塊状ゲルに成長する。この球状体ではないが受持ち範囲内で周辺地盤の密度を上昇させ、地盤の高強度化が可能になる。

【0215】

このような結果は、注入初期において流動性のよい溶液型グラウトを注入して亀裂注入

30

【0216】

具体的な手法として、F材又はF材とC材を有効成分とする可塑状ゲル或は更に流動性調整材を混合した可塑状ゲルを注入しながら流動性調整材の種類や量を選定して混合して注入する事により、流動性の良い注入材と流動性の低い注入材の注入を組合せて注入する事も出来るし、或はA液として流動性の良い注入材又は流動性調整材を加えた可塑状ゲル

40

【0217】

野外注入実験

【0218】

【表 19】

区分	配合液の混合と可塑状ゲルの生成と圧入	注入液の例	固結状況
A	混合直後、可塑状ゲルとなってそのまま圧入	3, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 23, 24, 26	I
B	混合工程中に可塑状ゲルに到らないうちに圧入を開始して注入過程で可塑状ゲルとなりそのまま圧入	7, 9, 10, 11, 12, 14	II
C	混合工程中に可塑状ゲルに到らなかったがそのまま圧入し、圧入中圧力が上昇し上限圧力 (3MN/m ²) で注入不能になり注入終了	1, 2, 4, 5, 6, 22, 25	III
D	混合工程でも注入中も可塑状を呈さない配合液を注入し、注入中圧力が上昇したが、その後圧力が低下	表-20のA液 表-21のA液	IV
E	注入中圧力上昇せず	表-20のB液 表-21のB液 表-22のA液 表-23のA液	V
F	注入後直ちに圧力が上昇し、注入不能	表-22 表-23	VI

10

20

【0219】

表19における固結状況の説明

30

掘削調査における固結体の形状

- I 直径30~70cmのほぼ球体の大きな塊状固結体形成
- II 形状が球状でなく不定形であるが、直径20~50cm塊状固結体形成
- III 一部の先端部は注入範囲外迄脈状もみられたが、受持範囲内で直径20~50cm塊状固結体形成
- IV 厚さ1~10cmの脈状
注入範囲外へ逸脱
- V 厚さ1~5cmの脈状
注入範囲外へ逸脱
- VI 注入孔の大きさの固結体のみ

40

【0220】

【表20】

A液(100ℓ)		B液(100ℓ)		
水ガラス	水	スラグ	消石灰	水
30ℓ	70ℓ	40kg	15kg	80ℓ

【0221】

【表 2 1】

A 液(100ℓ)		B 液(100ℓ)	
水ガラス	水	セメント	水
50ℓ	50ℓ	15kg	95ℓ

【 0 2 2 2 】

また、下記表 2 2 , 2 3 に示す A 液、B 液を注入管前で合流し、スランプ 3 cm の可塑状注入材を地盤中に圧入すると、すぐに圧力が上昇して圧入不能になり、さらに高圧をかけたところ割裂注入となって地盤対象外に不均等に逸脱し、塊状の固結が困難であることが判った。

10

【 0 2 2 3 】

【表 2 2】

A 液 (200ℓ)			B 液
セメント	骨材(珪砂)	水	水ガラス
80.4 kg	260 kg	72.6ℓ	10ℓ

20

【 0 2 2 4 】

【表 2 3】

A 液 (200ℓ)			B 液
セメント	骨材(珪砂)	水	硫酸アルミニウム
80.4 kg	260 kg	72.6ℓ	16ℓ

【実施例 3】

【 0 2 2 5 】

本発明における図 1 に示す試験施工による研究の結果、以下のように注入設計することにより地盤強化効果を得ることが判った。

30

【 0 2 2 6 】

図 1 において注入間隔は 0.5 ~ 3.0m とする。改良率は 5 ~ 40% とする。ここで改良率とは 1 注入孔の分担改良面積 1m^2 当りに換算して固結塊の断面積に相当し、改良率 5 ~ 40% とは $0.05 \sim 0.4\text{m}^2$ を意味する。又、この改良率は改良対象地盤の N 値と改良目標 N 値から 1 孔当りの受持面積のうちの間隙の減少量が算出され、その減少量がゲル化物に置き換えられる面積に対応することから算出される。以下、表 2 4 に本発明における地盤強化として有効な設計例を示す。これは実施例 2 で砂地盤にて行った実験例に基づくものであり、注入配置は図 1 (口) に示す正方形配置、注入間隔は 1m、2m、また改良率は 5%、10%、15%、20% である。

40

【 0 2 2 7 】

【表 2 4】

注入 間隔 (m)	1孔当りの 分担改良面積 (㎡)	改良率 (%)	固結塊 直径 (m)	固結塊 断面積 (㎡)	脱水収縮 係数※2	1m当りの 注入量※3 (㎡/m)
1.0	1.0	5.0	0.252	0.05	0.69	0.07
2.0	4.0	5.0	0.504	0.20	0.69	0.29
1.0	1.0	10.0	0.357	0.10	0.69	0.15
2.0	4.0	10.0	0.714	0.40	0.69	0.58
1.0	1.0	15.0	0.437	0.15	0.69	0.22
2.0	4.0	15.0	0.874	0.60	0.69	0.87
1.0	1.0	20.0	0.505	0.20	0.69	0.29
2.0	4.0	20.0	1.010	0.80	0.69	1.16

※2 脱水収縮係数は試験注入によって得られた改良固結体とその注入量より算出した収縮率の平均値

※3 1m当りの注入量は固結塊の注入深長 1m当りの注入量

【0 2 2 8】

このように算出された注入量が所定深度におさまるように毎分注入速度 (l /min) と注入圧力を設定していくことが必要である。このためには毎分吐出量 5 ~ 50 l /min、注入圧力 0.5 ~ 10MP で注入管理しながら注入するのが望ましいことが判った。

【0 2 2 9】

この際、地盤隆起は 20cm 以内、好ましくは 10cm 以内におさめれば、数日後には地盤中のゲルが脱水によって地盤隆起が 5 ~ 10cm 程度におさまることが判った。

【0 2 3 0】

又、注入深度が GL 3.0m 以浅になると地盤がやや隆起しやすくなり、G L 1.5m 以浅になると 10cm 以上に隆起することが判った。従って、3.0m 以浅、或は 1.5m 以浅において地盤隆起しにくい対応として、

[1] 注入外管の吐出口より上部の領域に袋体を設け、この袋体に固結材を圧入することにより、可塑状ゲル注入材が地表面方向への移行を抑制する、

[2] 複数の注入孔において地表面に近い領域において密に設ける事により地表面付近の地盤の圧縮の均等化する、

[3] 地表面に近い領域においてまず注入して地表面付近の地盤を圧縮してから下方の領域に注入する、

[4] 注入した注入孔に隣接する注入孔よりも遠くの注入孔に移行して注入する注入順序を設定する、

等の対応をとることが有効であることが判った。

また、地盤改良効果は上記注入孔間隔の範囲で複数本の削孔から圧入することによって、互いに拘束しあってその間の地盤が圧縮されて初めて可能であることが判った。

【産業上の利用可能性】

【0 2 3 1】

本発明は上述からなる特異な可塑状ゲル注入材を地盤中に圧入し、地盤中で非流動性塊状体を形成しながら土粒子を周辺に押しやるようにしたから、複数の注入孔周辺部の地盤密度を増大して地盤を強化し得、このため、地盤改良技術分野への利用可能性が高い。

【図面の簡単な説明】

【0 2 3 2】

【図 1】可塑性グラウト圧入による地盤強化モデル図であり、(イ)は改良対象領域に対

10

20

30

40

50

する可塑性グラウトによる固結柱取り合い断面図であり、(ロ)、(ハ)は平面図および可塑性注入材の注入配置図である。(ロ)は正方形配置図であり、(ハ)は三角形配置図である。

【図2】(a)は所定エリアの地盤に相隣って形成した削孔介しての可塑状ゲルなグラウトのロッド注入管による注入の態様の断面図であり、(b)は所定エリアの地盤に相隣って形成した削孔を介しての可塑性グラウトゲルなグラウトの注入のインターバル方式による態様の断面図であり、(c)は引張強度のある注入管の所定位置に間隔をあけて可塑状ゲルによる固結体を形成し、土中アンカーとすることで補強強化する態様の断面図である。

【図3】地盤の施工中途における、変位計測態様の模式図である。

10

【図4】(a)、(b)は構造物直下の耐震補強注入の基本模式図であって断面図である。

【図5】(a)は可塑性グラウトによる杭基礎の地盤強化の断面図であり、(b)は土留め壁における可塑性グラウトの圧入によるアンカー形成の断面図である。

【図6】本発明における注入管の注入形態であり、(a)はシングルパッカー工法による一液式の注入形態であり、(b)はシングルパッカー工法による二液式の注入形態であり、(c)は二重管ロッド注入の注入形態である。

【図7】本発明における材料の混合および注入材の注入までの注入管理方法の一具体例を示すフローシートである。

【図8】集中管理装置の操作、および集中管理システムが管理する配合と注入のフローチャートである。

20

【図9】集中管理装置を用い、送液系統10本についての積算流量と最大圧、および流量と圧力を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図10】注入領域の4つの注入ブロック区分No.1~4を注入監視盤に表した画面表示の例である。

【図11】地盤のステージNo.1~3における流量と注入圧力を注入監視盤に表したグラフ(チャート)である。

【図12】注入量、または注入圧の三次元的表示例である。

【図13】硫酸バンドの有無によるブリージング率の違いを表したグラフである。

【図14】硫酸バンドの有無による初期粘性の違いを表したグラフである。

30

【図15】硫酸バンドの有無による強度発現の違いを表したグラフである。

【図16】テーブルフローとシリンダーによるフローの関係を表したグラフである。

【符号の説明】

【0233】

3 地盤

4 削孔

5 バルブ

6 コントローラー

7 コンピューター

8 ケーシング

9 注入管

10 鉄筋

11 レーザービーム発生装置

12 レーザー受信装置

14 フーチング

15 レーザービームセンサー

16 鋼管注入管

17 コンピューター

18 注入制御装置

19 補強支持杭

40

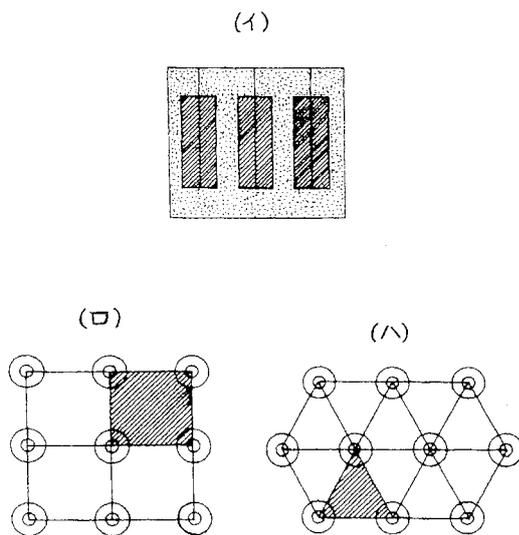
50

- 20 杭基礎
- 21 土留め壁
- 22 注入ポイント
- 23 計量器
- 24 水タンク
- 25 ホッパ
- 26 ゲル化促進剤ホッパ
- 27 ミキサー
- 28 流動特性計測装置
- 29 導管
- 29' 導管
- 30 グラウトポンプ
- 31 注入ホース
- 32 流量圧力制御装置
- 34 ゲル化促進剤分岐バルブ
- 35 ゲル化促進剤ポンプ
- 36 レベルセンサー
- X 1 集中管理装置
- X 2 注入監視盤
- f 0 流量計
- p 0 圧力計

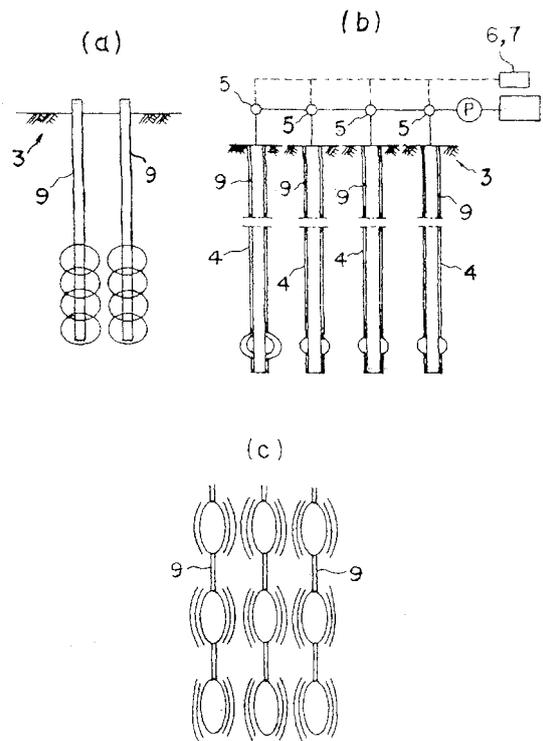
10

20

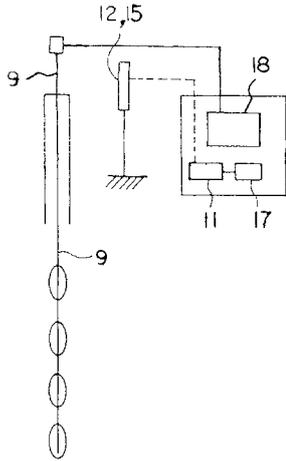
【図1】



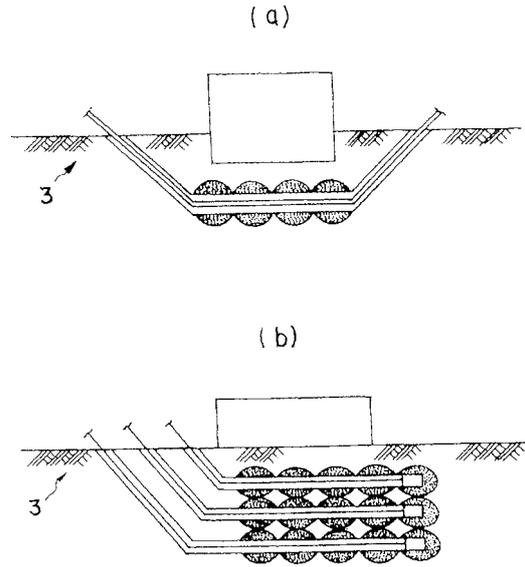
【図2】



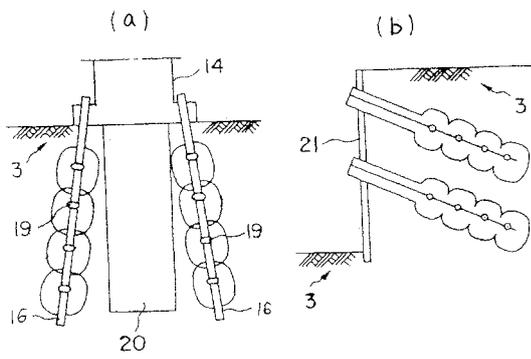
【 図 3 】



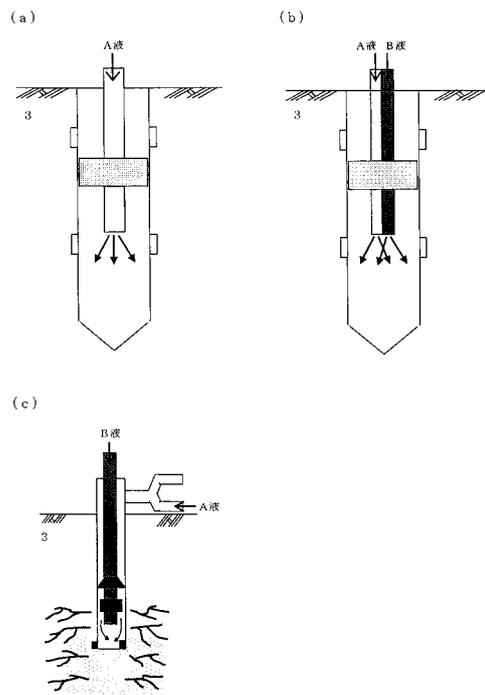
【 図 4 】



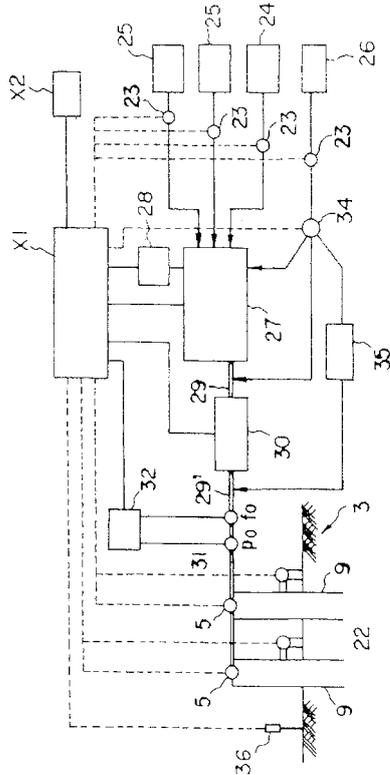
【 図 5 】



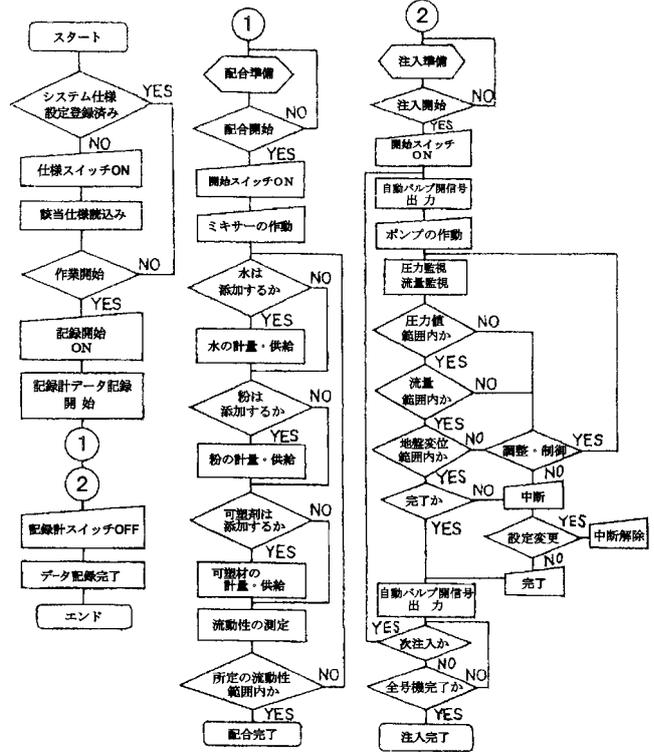
【 図 6 】



【 図 7 】



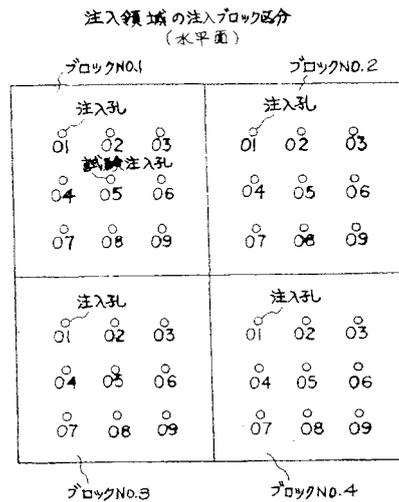
【 図 8 】



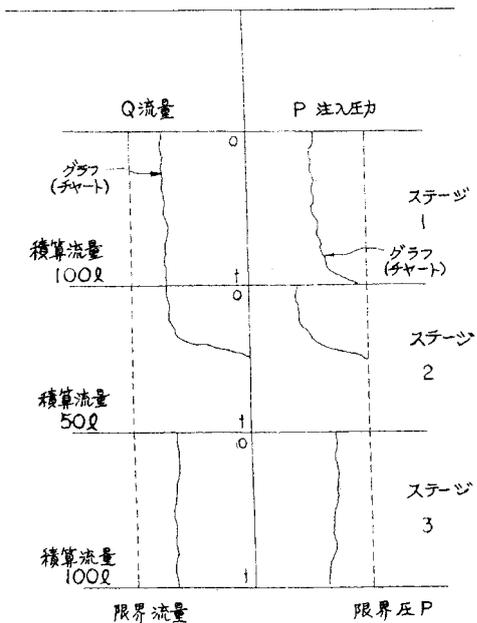
【 図 9 】

カンシガメン		ジカン 20 ㍉	
01-05セキサン 流量	01-05サイダイヤツ	06-10セキサン 流量	06-10サイダイヤツ
01-セキサン 123.4L	01-サイダイヤツ 1.23MPa	06-セキサン 123.4L	06-サイダイヤツ 1.23MPa
02-セキサン 123.4L	02-サイダイヤツ 1.23MPa	07-セキサン 123.4L	07-サイダイヤツ 1.23MPa
03-セキサン 123.4L	03-サイダイヤツ 1.23MPa	08-セキサン 123.4L	08-サイダイヤツ 1.23MPa
04-セキサン 123.4L	04-サイダイヤツ 1.23MPa	09-セキサン 123.4L	09-サイダイヤツ 1.23MPa
05-セキサン 123.4L	05-サイダイヤツ 1.23MPa	10-セキサン 123.4L	10-サイダイヤツ 1.23MPa
01-05 リュウリョウ/アツリョク	06-10 リュウリョウ/アツリョク		
01リュウリョウ 10.5L	06リュウリョウ 10.5L	01アツリョク 1.00MPa	06アツリョク 1.00MPa
02リュウリョウ 10.5L	07リュウリョウ 10.5L	02アツリョク 1.00MPa	07アツリョク 1.00MPa
03リュウリョウ 10.5L	08リュウリョウ 10.5L	03アツリョク 1.00MPa	08アツリョク 1.00MPa
04リュウリョウ 10.5L	09リュウリョウ 10.5L	04アツリョク 1.00MPa	09アツリョク 1.00MPa
05リュウリョウ 10.5L	10リュウリョウ 10.5L	05アツリョク 1.00MPa	10アツリョク 1.00MPa

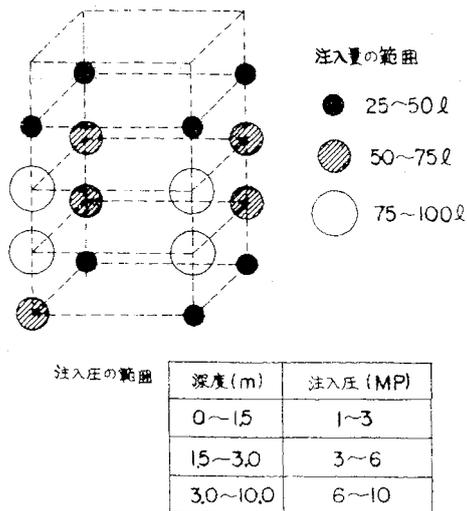
【 図 10 】



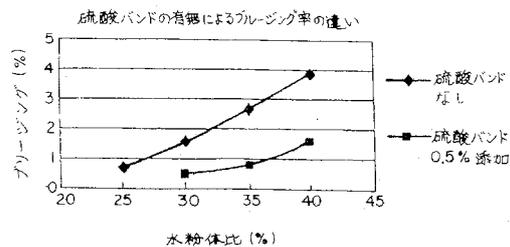
【 図 1 1 】



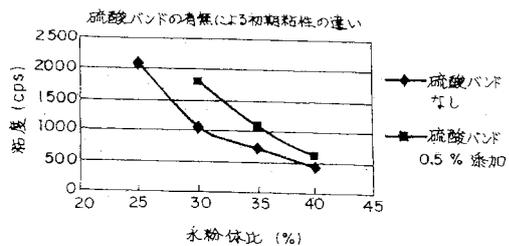
【 図 1 2 】



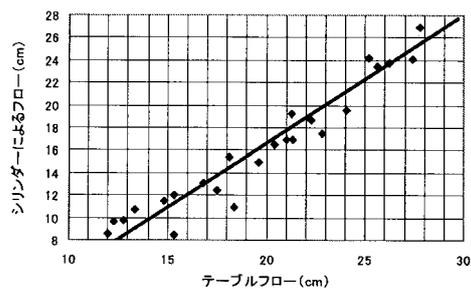
【 図 1 3 】



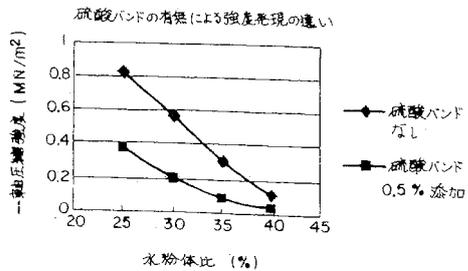
【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2D040 AB01 BB03 BC01 BC04 BD01 CA01 CA02 CA03 CA04 CA05
CB01 CB03 CD08 DA02 DC02 FA09 FA13