(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5270819号
(P5270819)

(45)発行日　平成25年8月21日(2013.8.21)　(24)登録日　平成25年5月17日(2013.5.17)

(51)Int.Cl.		F I		
C09K 17/02	(2006.01)	C09K	17/02	P
C04B 14/06	(2006.01)	C04B	14/06	Z
C04B 14/10	(2006.01)	C04B	14/10	Z
C04B 18/06	(2006.01)	C04B	18/06	
C04B 18/08	(2006.01)	C04B	18/08	Z

請求項の数 1　(全 40 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2006-150430 (P2006-150430)
(22)出願日　平成18年5月30日 (2006.5.30)
(65)公開番号　特開2007-9194 (P2007-9194A)
(43)公開日　平成19年1月18日 (2007.1.18)
審査請求日　平成18年6月26日 (2006.6.26)
審判番号　不服2010-27951 (P2010-27951/J1)
審判請求日　平成22年12月10日 (2010.12.10)
(31)優先権主張番号　特願2005-162300 (P2005-162300)
(32)優先日　平成17年6月2日 (2005.6.2)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000162652
強化土エンジニヤリング株式会社
東京都文京区本郷３－１５－１
(74)代理人　100070758
弁理士　染谷　仁
(72)発明者　島田　俊介
東京都文京区本郷３－１５－１　強化土エンジニヤリング株式会
社内
(72)発明者　大場　美紀
東京都文京区本郷３－１５－１　強化土エンジニヤリング株式会
社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】地盤強化方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
地盤中に複数の注入孔を設け、これらの注入孔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地盤土粒子を周辺に押しやって地盤中に複数の塊状体を形成するとともに、前記複数の注入孔周辺部の地盤の密度を増加して地盤強化してなる地盤強化方法において、前記注入孔は注入孔間隔０．５ｍ～３．０ｍであり、前記可塑状ゲル注入材は前記注入孔を通して注入速度５～５０リットル／分、注入圧力０．５～１０ＭＰで圧入され、前記可塑状ゲル注入材が以下の（１）と（２）と（３）を有効成分として含み、ゲルタイム１（分）～４８０（分）、可塑状保持時間１５(分)～３０（時間）であり、かつ圧入時のテーブルフローが１２ｃｍ以上または／並びにシリンダーによるフローが８ｃｍより大きく、かつ該可塑状ゲル注入材の硬化発現材比が１～４０重量パーセントであり、水粉体比が２０～２００重量パーセントであり、地盤中への圧入前または圧入中に可塑状ゲルに至ることを特徴とする地盤強化方法。
（１）フライアッシュ、スラグ、焼却灰、粘土、土砂および珪砂の群から選択されるシリカ系非硬化性粉状体（Ｆ材）
（２）セメント、石灰、および石膏の群から選択されるカルシウム系粉状硬化発現材（Ｃ材）
（３）水（Ｗ材）
ただし、硬化発現材比＝Ｃ／（Ｆ＋Ｃ）×１００（％）、水粉体比＝Ｗ／（Ｆ＋

Ｃ）×１００（％）であり、Ｆ、Ｃ、Ｗ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、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を有効成分とする可塑状ゲル注入材を地盤中に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関する。

【０００２】
本発明は、シリカ系非硬化性粉状体或はこれに硬化発現材を加えた自硬化性粉状体からなる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はかる地盤強化方法である。
【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。（特開平６－１０８４４９号公報参照）
【背景技術】
【０００４】
しかし、上述公知の工法のうち前者は大きな装置を必要とし、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】
また、流動可能なセメントを主成分とするモルタルと水ガラスやアルミニウム塩等の可塑材をポンプでそれぞれ移送して注入口付近で合流混合してスランプが５ｃｍ以下の低流動性の可塑状グラウトを形成して注入する空隙填充方法もあるがこれを軟弱地盤中に加圧注入すると地盤中で脱水によって急速に流動性を失い、拡大する塊状ゲルを形成する事は難しく注入不能になるか地盤中の範囲外に割裂注入して脈状に逸脱してしまい地盤改良は困難である。
【０００６】
本出願人は可塑性グラウトを地盤に圧入して塊状ゲルを拡大して形成するために可塑性グラウトの流動性の研究開発を進めた結果、ゲルが地盤中で拡大するための明確な条件を見い出した。
【０００７】
本発明者等は注入工法という簡便な手法を用い、シリカ系粉状体或は自硬化性シリカ系粉状体を有効成分とする可塑状ゲル注入材の配合後、経時的に変動する流動特性を応用して、上記目的を達する事が出来るかの研究を行い、ある条件下で、拡大する塊状固結体を形成出来る事を確認し、本発明を完成した。
【０００８】
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シリカ系粒状体を有効成分とする非硬化性注入液或は更に硬化発現材を加え或は更に流動化材を加えて形成される可塑状ゲル注入材を圧入して地盤中で可塑状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状ゲルの塊状体を拡大させて周辺地盤の密度増加をはかる事を可能にしたものである。本工程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はかる事に成功したものである。
【０００９】
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。
【００１０】
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材として用いる方法が提案されたが、このような可塑状グラウトは空洞填充には適しているが、これを地盤に圧入した場合粘性が大きく地盤中で急速に硬化して注入不能になるか或は割裂して逸脱しやすい。
【００１１】
又セメント系懸濁液と可塑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未満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。
【００１２】
しかしスランプが５ｃｍ未満とは、シリンダーによるフローではほぼ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ない。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。
【００１３】
そこで本発明者は種々の研究を重ねた結果、可塑状グラウトは経時的のみならず脱水によってその流動性が変化していく事に着目し、地盤中に圧入される前迄は、流動性がありながら地盤中に圧入されてから経時的に或は加圧脱水によって流動性を失って可塑状ゲルを形成し、それが塊状体となりながらも長い流動保持時間を保ちながら土粒子を周辺に押しやり、地盤中に大きな塊状体を形成し、地盤強化をはかる事を可能にする地盤強化方法を実現したものである。
【００１４】
【特許文献１】特開平６－１０８４４９号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００１５】
上述した目的のためには、地盤強化用地盤注入材並びに地盤強化方法は数十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、地盤中においても流動性を保ちながら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体を形成し、かつ、出来るだけ大きな注入液自体による塊状体に成長せしめ、しかも固化に到る迄の間に周辺の土粒子を押しやっ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。
【００１６】
そこで、本発明は産業副生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を主材としこれを所定の流動特性が得られるように配合し、或は流動性をよくし或は保水性をよくすることにより脱水を低減して地盤中において固化する迄に塊状体を拡大するために粘土やベントナイト、シルト、増粘剤、解膠材、気泡材を加え、これに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比率で配合し、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注入材および地盤強化方法、並びにその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。

【課題を解決するための手段】

【００１７】

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。

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。

【００１８】

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と水の混合物が、或はシリカ系非硬化性粒状体とカルシウム系硬化発現材の少量の混合物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。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うける事に着目した。

【００１９】

また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ため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こと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にくく、周辺地盤と一体化を保つことができることに着目した。

【００２０】

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。

【００２１】

（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学的反応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、更に脱水をともなってし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うる。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つづ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は見出した。

【００２２】

（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注入液の流動性を示し、テーブルフローが１５ｃｍ～２８ｃｍの範囲でスランプは１０ｃｍ～２８ｃｍの範囲、シリンダーによるフローが約１０～２６ｃｍ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紛体比、全紛体中の硬化発現材比を調整する事により、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又は遅延剤や流動化剤、解こう剤、起泡材等の添加剤を用いる事によって調整して、作業性や可塑状ゲルの大きさを調整できる。水粉体比が小さすぎたり、硬化発現材比が大きす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。

【００２３】

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すぎ、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防げられ、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、それに粘土や増粘材や保水材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。

【００２４】

（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できる一方、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。

【００２５】

（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５ｃｍより大きく好ましくはスランプは１０ｃｍ以上、２８ｃｍ以内、シリンダーにフローで８ｃｍより大きく好ましくは約１０ｃｍ以上、２６ｃｍ以内である。スランプやフローを支配する水粉体比の決定が、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、スランプやフローによって水粉体比と硬化発現材比を管理して迅速に配合並びに水紛体比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。

【００２６】

（５）添加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性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。

【００２７】

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、空洞填充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、合流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より大きい事が必要である。

【００２８】

（６）骨材として粘土、土砂等の現場発生土、珪砂を加えることが出来る。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。

ベントナイト等の粘土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保水性や増粘剤としてすぐ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。

【００２９】

（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。

【００３０】

（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つ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スランプ５ｃｍ未満の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。

【００３１】

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。

【００３２】

本発明者は研究の結果、地盤中で圧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。

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あとは、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、地盤中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、静的に予め固める。

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。

【００３３】

本発明者は研究の結果、送液中の送液管中の抵抗圧やポンプ中におけるつま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あとでも流動性を有し、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見出し、本発明を完成したものである。

【００３４】

例えば、表１に示すように同一の硬化発現材比１８．５０％で水粉体比が３５％の配合１、水粉体比が３０％の配合２は配合後可塑状ゲルになる迄のゲル化時間はそれぞれ４８０分とか３００分を要する。これが水粉体比が２５％になるとゲル化時間は２分になる。この事は配合時、地盤中に注入される前迄は可塑状に到っていない注入材が地盤中においては、脱水によって水紛体比が３５％～３０％（脱水率約１５％）から２５％（脱水率３０％）に低下するにつれてゲルタイムが２分迄減少し可塑状ゲルとなり塊状体を形成する。しかもゲル化時では可塑状保持時間は７．５時間であるから塊状ゲルは拡大しブリージングが小さく、粘性が増大して拡散しにくくなり固化物は大きな強度となる。

【００３５】

このような特性は従来知られていなかった。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、圧入がつづ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ともない非流動性ゲルとなり固化する事を物語っている。

【００３６】

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うる。このような流動性注入液の注入においては配合液を一液のまま注入しても紛状体注入液をＡ液としアルミニウム水ガラス等のゲル化促進材をB液とし合流注入しようと、或はＡ液を可塑状ゲルとし、Ｂ液を水ガラス等のゲル化促進剤としようとその手段は問わないで施工する事が出来る。

【００３７】

以上の本発明者による研究の結果、以下のようにして可塑状ゲル注入材を圧入して地盤中に大きな塊状体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を可能になった。

【００３８】

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。なぜならばそれぞれの注入孔の受けもち範囲内でゲル化物による塊状固結体が形成されてはじめてその受けも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。

【００３９】

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のけるようにする。なぜならば、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。

【００４０】

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）該注入材として非硬化性シリカ系粉状体と水の混合物をスランプ５ｃｍより大きく又は／並びにテーブルフロー１２ｃｍ以上又は／並びにシリンダーによるフローが８ｃｍ

よりも大きく、或は更にスランプ２８ｃｍ以内又は／並びにテーブルフローが３０ｃｍ未満又は／並びに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、又はこれにカルシウム系粉状硬化発現材とを混合した地盤注入材とを用い、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以下に達しうる。ここでテーブルフローが２０ｃｍになった時点を可塑状ゲルになった時点とみなす。
（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２０ｃｍ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、地盤中に圧入しつづければ可塑状ゲルとなって塊状固結体が形成される。

【００４１】

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以下の条件が好ましい。

硬化発現材比	Ｃ／Ｆ＋Ｃ×１００（％）	１重量％以上５０重量％未満 好ましくは１～４０重量％ 更に好ましくは１～２０重量％
水紛体比	Ｗ／Ｆ+Ｃ×１００（％）	２０～２００重量％ 好ましくは２０～１００重量％ 更に好ましくは２０～５０重量％
アルミニウム比	アルミニウム／Ｆ＋Ｃ×１００	Al_2O_3換算で ０.０１～０.５２％
水ガラス		シリカ分で０～７.０重量％
スランプ（ｃｍ）		注入時のスランプが５ｃｍより大きく 好ましくは１０～２８ｃｍ
フロー（ｃｍ）		注入時のテーブルフローが １２ｃｍ以上３０ｃｍ未満 好ましくは約１５～２８ｃｍ 注入時のシリンダーによるフローが８ｃｍより２８ｃｍ未満 好ましくは約９～２６ｃｍ
ブリージング		１０％以下 好ましくは５％以下

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２０ｃｍ以内になる配合を用いる

【００４２】

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。

【００４３】

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う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。

【００４４】

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。

【００４５】

可塑状ゲルを呈する迄の時間を短縮するには、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きわ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、リグニンスルフォン酸塩等のゲル化遅延剤を用いる事も出来る。

【００４６】

本発明の地盤注入材の代表的例を云えば、懸濁液を構成する主材となる紛体の非硬化性粉体に加えるセメント又は消石灰或はスラグ或は石膏等からなる粉状の硬化発現材は使用する粉状素材中の５０重量％未満、好ましくは１～４０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２０～１００重量％である。ゲル化促進材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０.１～３.０重量％（Al_2O_3換算で０.０１～０.５２％）練り混ぜることにより、テーブルフロー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％以内好ましくは５％以内、スランプが５ｃｍより大きく２８ｃｍ以下好ましくは１０～２８ｃｍ、シリンダーによるフローが８ｃｍより大きく２８ｃｍ未満好ましくは約１０～２６ｃｍの注入材となる。

【００４７】

本発明のこのような特性により、又、ゲル化促進材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。本発明地盤注入材は地盤中に圧入されて可塑状ゲルとなり土粒子を周辺に押しやり、地盤中で大きな塊状固結体に成長し、地盤強化を図ることが出来る。

【発明の効果】

【００４８】

本発明は上述のとおり、非硬化性シリカ系粉体或はそれにそれより少ないカルシウム系硬化発現材を加えた懸濁液を用いるが、使用する粉粒素材の種類と組合せ、および特定の配合比率で配合するようにしたから、目的に応じた流動特性、固結特性を呈する所望の注入材を地盤中に圧入して、地盤中に塊状固結体を造成することにより注入孔に囲まれた地盤の土粒子を周辺におしやり、地盤強化を図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００４９】

地盤中で塊状に固結には、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１０～２８ｃｍ、シリンダーによるフローでは８ｃｍより大きく２８ｃｍ未満、好ましくは約９～２６ｃｍの範囲を示す地盤圧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）になる場合である事が好ましい。

【００５０】

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まえに脈状や亀裂状に割裂注入され塊状体を形成されにくい。

【００５１】

本発明は上述の通り、非硬化性シリカ系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するが、カルシウム系紛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。

【００５２】

なお、上記にてスラグは通常の４０００（ｃｍ^2/ｇ）のブレーン等の一般品でもよいし、それ以上６０００～１５０００（ｃｍ^2/ｇ）ブ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１～４０重量％、更に好ましくは１～２０重量％、また１～１０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。

【００５３】

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濾紙を敷いたモールド中に注入材を填充し、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えられた供試体の強度を測定して注入したあと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２０～１００％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）×１００であり、また、水粉体比とはＷ／（Ｆ＋Ｃ）×１００であり、Ｆ、Ｃ、Ｗはそれぞれ重量である。ただし、硬化発現材を用いない場合は硬化発現材比はそれぞれＣ／Ｆ×１００，Ｗ／Ｆ×１００である。

【００５４】

このような配合液は混合すれば、水粉体比が小さければそのままで、水粉体比が大きい場合は地盤中で脱水することにより遅かれ早かれ塊状体になる。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そのままで或は添加材を加えて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性ゲルが地盤中に形成することが出来る。

【００５５】

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や水粉体比が重要であるし、更に硬化発現材比や添加材も重要である。

【００５６】

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にくく、かつ脱水によって可塑状ゲルでなく非可塑性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１～４０％、更に好ましくは１～２０％の間で、最も好ましくは１～１５％であって、地盤中で可塑性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％或は更に１～１０％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すぐれる。

【００５７】

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２０～６０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。

【００５８】

なお、上記においてゲル化促進剤としてのアルミニウム塩や水ガラスは、シリカ系粉状体、硬化発現材と混合してポンプで地盤に圧入しても良いし、注入管中、或は注入管の近

くで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とゲル化促進剤の混合液を注入する過程で更にゲル化促進剤を合流混合して注入しても良い。

【００５９】

さらに本発明は、硬化発現材として石膏、又は石膏、セメント、石灰、スラグ、のいずれか又は複数の一群（Ｇ）と、水（Ｗ）を混合する。石膏比、および石膏の混合物を１～４０重量％、好ましくは１～２０重量％、水粉体比を２０～７０重量％の配合グラウトとする。ここで、石膏比、石膏の混合物比とはＧ／（Ｆ＋Ｇ）×１００であり、また、水粉体比とはＷ／（Ｆ＋Ｇ）×１００である。Ｇは重量を表す。

【００６０】

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、或は軽量化をはかることが出来る。上記において、粘土として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（ＣＭＣ）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材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にく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。

【００６１】

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、きわ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。

【００６２】

上述の本発明にかかる地盤注入材は地盤中に挿入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事は勿論であるが、更に地盤中に圧入し、土粒子を周辺に押しやって塊状に固結しながら周辺土砂を押しやっ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。このような可塑性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、これにより可塑性を呈するゲル化物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。

【００６３】

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て行われる。

【００６４】

さらに、本発明にかか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、局部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。

【００６５】

上述の注入は例えば次の（ａ）、（ｂ）に示す注入管を用いて行われる。

（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を用いて注入する。

（ｃ）外管に少なくとも一つの袋体パッカを備えた注入管。

（ｄ）管路に吐出口と透水材でおおわれた吸水口を設けた注入管。

【００６６】

軟弱地盤等の強度を大幅に向上させるために、多量の可塑性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つづけて注入量の増大をはかるのが望ましい。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づ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。

【００６７】

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に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。

【００６８】

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性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。

【００６９】

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。なぜ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。なぜ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。

【００７０】

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。

【００７１】

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。

【００７２】

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、即応的に可塑性グラウトの注入を調整したり、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の他、ストレ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。

【００７３】

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性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グラウト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性ゲルになる。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。注入孔間隔は上質や目標改良度や土かぶりの大きさに応じ０．５～３．０ｍが有効である。

【００７４】

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。この場合の注入は図２（ａ）のようにロッド注入管を用いて下から上、又は上から下に順次注入する。或は二重管ダブルパッカ注入外管を設置し内管から複数の吐出口を経て注入してもよい。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。

【００７５】

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、図示しない注入管９を該削孔４に挿入し、地上の図示しない注入装置から懸濁型の可塑性グラウト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、注入管は注入管ロッドを用いてもよいし、注入外管内に注入内管を挿入して注入ステージを移向して注入してもよい。

【００７６】

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状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、注入部位の外用部に於ける脱水が図られて可塑状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状ゲル化物が重なって大きな塊に増大していく。

【００７７】

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。

【００７８】

すなわち、改良地盤は注入孔を介し注入を、又、所定お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はさまれた密度の増加した複合地盤となる。

【００７９】

もちろん、当該態様にあっては、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、形成された可塑状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る時間と、可塑状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はさまれた密度の増加した領域の複合地盤となる。

【００８０】

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。

【００８１】

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状ゲルの機能により、変位が垂直方向よりも水平方向に起こり易く、従って、地盤３の上方への隆起は避けられる。

【００８２】

図２（ｃ）は引張強度を有する注入管を有する注入管９（或は、注入管に引張材を抱き合わせた補強材でもよい）を地盤に設置して可塑性グラウト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可塑性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。

【００８３】
なお、図２（ａ），（ｂ）において注入外管から注入内管を通して注入する場合、軸方向に複数の吐出口を有する注入外管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。この注入外管内にシングルパッカ或はダブルパッカ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圧入して地盤強化を行う。
【００８４】
こ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。又、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うることも出来る。
【００８５】
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グラウト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。
【００８６】
而して、上述の如く、この出願の発明においては、各削孔４に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う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。
【００８７】
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向、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。
【００８８】
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。
【００８９】
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。
【００９０】
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虞れがあるが為に、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ーンやサンドドレーン等のドレーン材（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。
【００９１】

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、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。

【００９２】

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て、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。

【００９３】

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。

【００９４】

次にこの出願の発明実施しようとする他の実施例の態様を図５に示す。図５（ａ）は地盤中にケーシング等管体を設けた上で鉄筋等の引張材を挿入した上で、地盤注入材に圧入しながらケーシングを引き抜き、地盤中に塊状固結体を形成し周辺地盤を圧縮して強化するのみならず、圧縮杭又は引張杭としての効果もある杭体との複合的地盤強化を図る態様であり、図５（ｂ）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（ｃ）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。図５（ｂ）図５（ｃ）とも図５（ａ）の手法を用いてもよいし、引張力を有する外管を用いて内管から注入する事により外管の引張材としての効果を付与してもよい。

【００９５】

本発明の注入管理方法としては、地盤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。

【００９６】

図６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。

【００９７】

図７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６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Ｘ１に予め設定しておき（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、ここで云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。

【００９８】

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。

【００９９】

ミキサー２７内で充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Ｘ１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。

【０１００】

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Ｘ１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。

【０１０１】

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Ｘ１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。

【０１０２】

導管２９´には、圧力計$ｐ_0$、流量計$ｆ_0$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）は流量圧力制御装置３２に送信されるとともに、集中管理装置Ｘ１により管理される。

【０１０３】

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、或は地盤隆起量が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。

【０１０４】

なお、流量計$ｆ_0$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Ｘ１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$ｐ_0$からの情報に基づく集中管理装置Ｘ１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。

【０１０５】

また、集中管理装置Ｘ１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。

【０１０６】

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Ｘ１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。

【０１０７】

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。

【０１０８】

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Ｘ１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束することも出来る。

【０１０９】

全ての注入が完了の後、集中管理装置Ｘ１の開始スイッチをＯＦＦにすることにより集中管理装置Ｘ１によるデータの記録が終了する。

【０１１０】

配合から注入までのデータを集中管理装置Ｘ１に送信し、注入監視盤Ｘ２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。

【０１１１】

また集中管理装置Ｘ１の指示により自動開閉されるゲル化促進材分岐バルブ３４を設置することにより、ゲル化促進剤の配合時を管理する。予めシステム仕様設定にゲル化促進剤の添加時を登録し、ミキサー２７内での混合、グラウトポンプ３０への送液前の添加、およびゲル化促進剤ポンプ３５を介することでグラウトポンプ３０から圧送されたグラウトにゲル化促進剤を添加することも可能である。

【０１１２】

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２８、流量圧力制御装置３２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５を設け、これを集中管理装置Ｘ１に接続し、かつデータを注入監視盤Ｘ２に画面表示したことに特徴を有する。注入監視盤Ｘ２には注入年月日、注入時間等の「時データ」、材料の配合量、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。

【０１１３】

図９に例えば１０本の送液系統を有する注入をおこな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Ｘ２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。

【０１１４】

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。

【０１１５】

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。

【０１１６】

このようにして、図８の画面に示されるように、注入監視盤X２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３２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８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X1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。

【０１１７】

注入仕様ファイルは集中管理装置Ｘ１の動作設定ファイルであり、注入液送液系統の注入完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。

【０１１８】

図８の注入監視盤Ｘ２の画面において、各送液系統の１本毎に一枚ずつ、例えば図９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．とともに、圧力、流量、チャートを表示することもできる。

【０１１９】

さらに、これらのデータから注入孔毎に、例えば、図９のブロックＮｏ．１、注入孔Ｎｏ．３について表示すれば、図１０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１１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。

【０１２０】

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、送液圧入する。この結果、確実にかつ改良効果の予測迄可能になる。又、上記の設定圧力、設定注入量は試験注入のデータを加味して補正する事が出来る。

【０１２１】

以下、本発明を実施例に基づき具体的に記述するが、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】

【０１２２】

使用材料

・　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１．９～２．３ｇ／ｃｍ^3、粒度分布０．１㎜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、Al_2O_3＝１７．２％、ゲル化促進剤

（４）水ガラス

JIS３号水ガラス、SiO_2＝２９．０％、Na_2O＝９．０％、モル比３．３、ゲル化促進剤

（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ブレーン値、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２．５～２．７ｇ／ｃｍ^3

（９）ベントナイト

保水材および増粘材
（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
【０１２３】
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１に示す。
【０１２４】
【表１】

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 %	水紛体比 %	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)	初期粘性 cps	1日強度 MN/㎡
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

【０１２５】
表１において、ゲル化時間とは配合後可塑性ゲルを呈するまでの時間を云い、テーブルフローがほぼ２０ｃｍとなった時点をゲル化時間とする。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云う。
【０１２６】
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２に示す。
【０１２７】
【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 %	水紛体比 %	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 (経過)	初期粘性 cps	1日強度 MN/㎡
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

【０１２８】
表２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、初期粘性も高くなり、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い。よって、硬化発現材日は５０％より少なく、好ましくは１～２０％、さらに好ましくは１～１５％、最も好ましくは１～１０％が適している。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。

【０１２９】

配合例７，８

表１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云う。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３に示す。

【０１３０】

【表３】

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 mm		初期粘性 cps	1日強度 MN/m²
											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。

【０１３１】

表３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し、可塑状グラウトとしての作業性が向上できると考えられる。ただし、硫酸バンドには強度発現を低下させる性質のあるため、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。

【０１３２】

［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：セメント（硬化発現材）重量／｛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［％］

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％未満とするが、その好ましい範囲は硫酸バンド（ゲル化促進剤）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２～４０％、好ましくは２～２０％である。

【０１３３】

（２）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（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［％］

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２０～１００％、更に好ましくは２０～５０％（重量比）とする。しかし水ガラスを促進剤として用いる場合は、水粉体比は大きくとることができる。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。

【０１３４】

（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：硫酸バンド重量／｛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［％］
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。

【０１３５】

（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。よってフロー値を用いてその値が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。

【０１３６】

（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０．０１ＭＮ／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。

【０１３７】

（６）ブリージング率
配合後、グラウトを充分に混合させ、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。（ブリージング水量／メスシリンダ容量）×１００［％］
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１２に、表１、３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。

【０１３８】

（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、その広がりを測定した。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。

【０１３９】

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１５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。

【０１４０】

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。

【０１４１】

（８）初期粘性
B形粘度形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１３に、表１，

３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。

【０１４２】

（９）一軸圧縮強度

配合後、充分に混合したグラウトを直径５ｃｍ、高さ１０ｃｍのモールドにつめ、静止した状態で１日養生し、一軸圧縮強度を測定した。図１４に、表１，３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。

【０１４３】

図１４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。

【０１４４】

配合例９～１１

水ガラスを水で希釈し、これにフライアッシュ、セメント、消石灰、水を混合した懸濁液を混合する。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４に示す。

【０１４５】

【表４】

配合例	B液		A液				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		強度 MN/m²
														5分後	30分後	1日
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

【０１４６】

（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。

【０１４７】

（2）シリカ濃度

グラウト中のSiO_2量

水ガラスのSiO_2％×（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。

【０１４８】

（3）特性および比較

表４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あげられる。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。

【０１４９】

配合例１２

配合例２では硬化発現材としてセメントを用いたが、同様の配合量で硬化発現材として消石灰を用いる。このようにして得られた配合例１２の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表５に示す。

【０１５０】

【表５】

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 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/m²
									5分後	30分後	
12	400	35	130.5	8.05	30	4	20	2.0	19.6	18.9	0.09

【０１５１】

配合例１３

配合例２では硬化発現材としてセメントを用いたが、同様の配合量で硬化発現材としてスラグを用いる。このようにして得られた配合例１３の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表６に示す。

【０１５２】

【表６】

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/m²
13	400	35	130.5	8.05	30	180	17	1.2	20 (3時間)	0.27

【０１５３】

配合例１４

硬化発現材として石膏を用いる。このようにして得られた配合例１４の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表７に示す。

【０１５４】

【表７】

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/m²
14	400	35	208.8	8.05	48	4	15	0.5	14.5 (5分)	0.08

【０１５５】

（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（シリカ系非硬化性粉状体）重量＋硬化発現材重量）×１００［％］
配合例１～１１に示すＰＣ添加量と同様であり、配合例１２～１４ではそれぞれ硬化発現材として消石灰、スラグ、石膏を使用したので、消石灰添加量、スラグ添加量、石膏添加量を意味する。ただし配合例９～１１の消石灰添加量はゲル化促進剤として用いているため、配合例９の消石灰の使用目的が違う。よって硬化材添加量と表記した。

【０１５６】

（２）配合例１２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ポ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、また充分な固結強度を得るためには数週間かかる。ただし同量のセメントを用いるよりも可塑状になりやすくため、セメントと併用することにより優れた効果が期待できると考える。

【０１５７】

（３）配合例１３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。ただし、強度発現はセメントよりも遅くなる。

【０１５８】

（４）配合例１４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。

【０１５９】

配合例１５，１６
２液式の配合として、フライアッシュ、セメント、水および可塑剤を配合した経時的に可塑状となり固結する上述のグラウトにさらに可塑剤を添加し、ゲルタイムを早めた。フライアッシュ、セメント、水および可塑剤を配合した上述の配合例７を用いて、ゲル化する前の流動性がある状態の中に、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１５、１６の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表８、９に示す。

【０１６０】

【表８】

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 %	硫酸ﾊﾞﾝﾄﾞ添加量 %	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 mm		2日強度 MN/m²
										5分後	30分後	
15	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。

【０１６１】

【表９】

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 %	水粉体比 %	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 mm 5分後	フロー値 mm 30分後	1日強度 MN/m²
16	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。

【０１６２】

（１）配合例１５、１６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。

【０１６３】

配合例１７

表１の配合例３のフライアッシュに焼却灰を混合した。フライアッシュと焼却灰の混合比率は１対１である。このようにして得られた配合例１７の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表１０に示す。

【０１６４】

【表１０】

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 mm 5分後	フロー値 mm 30分後	1日強度 MN/m²
17	200	200	35	108.8	8.05	25	3	10	0.3	19.1	18.4	0.32

【０１６５】

配合例１８

表１の配合例１のフライアッシュに火山灰を混合した。フライアッシュと火山灰の混合比率は３対１である。このようにして得られた配合例１８の地盤注入材の調整条件および物性値を下記の表１１に示す。

【０１６６】

【表１１】

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/m²
18	300	100	35	152.5	8.05	22.99	35	2	9	0.3	18.5 (5分)	0.25

【０１６７】

配合例１９

フライアッシュに硬化発現材としてセメントを添加し、さらにベントナイトを混合した

。その配合例１９の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表１２に示す。

【０１６８】

【表１２】

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 PC添加量 %	水粉体比 %	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	フロー値 mm 5分後	フロー値 mm 30分後	1日強度 MN/m²
19	400	18	13	160.2	4.18	37.17	7	7	21.0	19.5	0.10

【０１６９】

配合例２０

フライアッシュに細骨材（山砂）を混合し、硬化発現材としてセメントを添加した。その配合例２０の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表１３に示す。

【０１７０】

【表１３】

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/m²
20	140	360	10	110	1.96	70.59	21.57	3	8.5	1.2	19.8（5分）	0.25

【０１７１】

配合例２１

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２１の地盤注入材の調製条件および物性値を下記の表１４に示す。

【０１７２】

【表１４】

配合例	フライアッシュ g	セメント g	泥水 粘土 g	泥水 水 ml	物性値 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/m²
21	260	20	65	235	5.80	18.84	68.12	2	15	0.5	19.7（5分）	0.08

【０１７３】

（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（硬化発現材）重量＋ベントナイト、細骨材重量、粘土（増量材）重量）×１００　〔％〕

ここでは硬化発現材とフライアッシュ以外の粉体として焼却灰、火山灰、ベントナイト、細骨材を用いた。また混合水として粘土を含む泥水を使用した。その他にも現場発生土

や珪砂等を用いることができる。これらは増量材としても、また骨材としても用いることができ、かつその粒径や粒度によって流動性や強度を調整することができる。またセメント等の硬化発現材等を用いなくても粘土を加えることにより流動化土として用いることができる。

【０１７４】

（２）配合例１７、１８の特性および比較

表１０の配合例１７と、表１の配合例３を比較すると、焼却灰を混合した配合例１７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１１の配合例１８と、表１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。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。

【０１７５】

（３）配合例１９の特性および比較

フライアッシュ、セメントにベントナイトを添加することによりグラウトの粘性が大きくなり、同様の水粉体比でベントナイトを添加しない配合と比較してゲルタイムが短くなったが、可塑状保持時間は充分保持された。ベントナイトを用いることにより容易に流動性を調節することができ、さらにベントナイトによりグラウトが増粘され水への分散も抑制することができる。硬化発現材比は５０％未満、好ましくは３～４０％、水粉体比は２０～１５０％が好ましい。

【０１７６】

（４）配合例２０の特性および比較

フライアッシュ、セメントに細骨材（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。

【０１７７】

（５）配合例２１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。

【０１７８】

配合例２２，２３

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２２，２３を表１５、表１６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。

【０１７９】

【表１５】

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 %	水紛体比 %	起泡剤添加量 %	ブリージング率 (%)	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	フロー値 cm (経過)
22	162	54	0.8	130	25.00	60.2	1.48	0.5	270	10	19.8(5時間)

【０１８０】

【表１６】

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 %	水紛体比 %	アルミニウム粉末添加量 %	ブリージング率 (%)	ゲルタイム 分	可塑状保持時間 時間	フロー値 cm (経過)
23	162	54	0.02	130	25.00	60.2	0.01	3.0	120	5	20.0(2時間)

【０１８１】

（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。

【０１８２】

（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／粉状体重量　×１００〔％〕とすると

アルミニウム比０．０１％程度が効果的である。

【０１８３】

（３）配合例２２、２３の特性および比較

エア発生剤には固結体の密度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。

【０１８４】

配合例２４

スラグ、セメント、水を練り混ぜる。主材としてスラグを使用し、硬化発現材としてセメントを使用した。その配合例２４を表１７に示す。

【０１８５】

【表１７】

配合例	スラグ g	セメント g	水 ml	物性値						
				硬化発現材比 %	水紛体比 %	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/m²
24	400	35	261	8.05	60	90	10	0.5	20.8 (1時間)	1.15
25	400	35	217.5	8.05	50	2	8	0.5	18.5 (5分)	4.32

【０１８６】

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で、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。この場合、硬化発現材比は５０％未満、更には１～２０％、また水粉体比は２０～１５０％、更には３０～８０％が好ましい。

【実施例２】

【０１８７】

本発明野外注入実験を行った。配合液は表１８の配合例を用い、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、可塑状保持時間なし）である。比較例１、比較例２の配合はそれぞれ表１９、表２０に示す。又実施例１の配合例を用いた実施例を表１８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。

表１８より区分Ａによる圧入では配合後、混合装置中の混合して可塑状ゲルとしてそのまま圧入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した。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くない水粉体比、硬化発現体比配合が大きな塊状体をつくる。

【０１８８】

区分Ｂによる圧入では、複合装置の混合工程中で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ったが、そのまま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、更に地盤注入前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と思われる。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不定形になっても改良効果は充分得る事が出来る。

【０１８９】

区分Ｃによる圧入では混合工程中、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。

【０１９０】

区分Ｄによる注入では、ゲル化後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。

【０１９１】

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。

区分Ｆによる圧入では、地盤中への注入時点においてすでに流動性がきわめて低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、その後続いて吐出口の内側の注入材の脱水現象が起こり、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。

【０１９２】

このようにして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事になった。このような現象は注入管に流入する前に、粉状注入液と可塑材をそれぞれ混合してスランプ５未満の可塑状ゲルを注入した場合にも生ずる現象である。

【０１９３】

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。配合液が３０％の脱水で可塑状ゲルになる組成の地盤中に圧入すれば、塊状ゲルが形成されやすい事がわかった。すなわち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中に圧入すれば、脱水率がほぼ３０％以内で流動不能な塊状ゲルが地盤中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、或は注入開始時点では可塑状ゲルになっていなくても注入中に地盤中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すれば地盤中で塊状ゲルが形成されることがわかっ

た。

【０１９４】

表１８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／ｍ^2、最径圧力３.０ＭＮ／ｍ^{2}で、注入速度がゼロになり圧入不能になった。全注入量が１５０ｌの圧入で掘削調査の結果、ほぼ１００ｌ（脱水率３０％）の塊状ゲルが形成されている事がわかった。

【０１９５】

可塑状ゲルの圧入工法は、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値が１５以上或は２０以上の地盤を更に改良する場合がある。このような地盤条件と目的に対して本発明者はいくつかの野外注入試験で実験２の区分Ｂ，Ｃによる手法がきわめて効果的である事がわかった。

【０１９６】

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、注入後注入圧が上昇し大きな塊状のゲルが得られにくいか、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／ｍ^{2}で注入したところ、５分後１.０ＭＮ／ｍ^{2}となり更に最終圧力３ＭＮ／ｍ^{2}で全注入量が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形成された。

【０１９７】

即ち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つづ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脱水して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。この場合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。

【０１９８】

このような結果は、注入初期において流動性のよい配合液を注入して亀裂注入を行ってのち、可塑状ゲルの圧入にきりかえて注入する事によって可塑状ゲルを圧入するには地盤密度が高いか地盤改良を必要とする地盤改良のためにきわめて効果的な手段である事を見出した。同様に流動性のよい配合液と可塑状ゲルを交互に圧入し、亀裂注入塊状ゲルの圧力を繰り返しながら所定領域における塊状ゲルの拡大を行って圧入しにくい密度の地盤の強化を行う事が出来る。

このようにして従来のセメントグラウトやＬＷグラウトのみでは単に脈状に逸脱するのみであるが、途中で可塑状ゲルに到る注入材或は可塑性ゲル状の注入材の圧入ウを行う事により、可塑状ゲル圧入工法の適用範囲が飛躍的に拡大する事がわかった。

【０１９９】

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を注入しながら流動性調整材を合流して圧入する方法を併用しながら亀裂注入塊状圧入を組合せる事が出来る。

【０２００】

【表１８】

区分	配合液の混合と可塑状ゲルの生成と圧入	注入液の配合例（実施例１より）	固結状況
A	混合工程中に可塑状ゲルとなってそのまま圧入	３、８、１２、１４、１６、１７、１８、２０、２１、２５	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中で可塑状ゲルとなりそのまま圧入	７、９、１０、１１、１５、１９	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／ｍ²）で注入不能になり注入終了	１、２、４、５、６、１３、２４、	ＩＩＩ
D	混合工程中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―１９のＡ液 表―２０のＡ液	ＩＶ
E	注入中圧力上昇せず	表―１９のＢ液 表―２０のＢ液 表―２１のＡ液 表―２２のＡ液	Ｖ
F	注入後直ちに圧力が上昇し、注入不能	表―２１ 表―２２	ＶＩ

【０２０１】

上記における固結状況の説明

掘削調査における固結体の形状

Ｉ　直径３０～７０ｃｍ²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２０～５０ｃｍ²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２０～５０ｃｍ²　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

【０２０２】

【表１９】

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

【０２０３】
【表２０】

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

【０２０４】
【表２１】

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

【０２０５】
【表２２】

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
【０２０６】
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うることが判った。
【０２０７】
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０．０５～０．４ｍ^{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２３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（ロ）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。
【０２０８】

【表２３】

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

【０２０９】

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５～５０ｌ／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。

【０２１０】

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。

【０２１１】

又、注入深度がＧＬ３.０ｍ以浅になると地盤がやや隆起しやすくなり、ＧＬ１.５ｍ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、即ち請求項３６～４２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はじめて可能であることが判った。

【産業上の利用可能性】

【０２１２】

シリカ系非硬化性粉状体と水、あるい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と水とを有効成分として含む可塑状ゲル注入材を軟弱地盤に静的に圧入することにより、地盤中に注入材そのものによる塊状体を形成しながら、周辺土砂を圧縮して密度の増大を図る。このため、土木技術分野において利用可能性が高い。

【図面の簡単な説明】

【０２１３】

【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する可塑性グラウトによる固結体の配置を示す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削孔した可塑状ゲルのロッド注入管による下から上への引上げ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注入外管を設置し、注入内管から可塑状ゲルを圧入する例を示した断面図であって、１つの

ポンプからバルブ５をきりかえながらインターバル方式による圧入態様の断面図であり、（ｃ）は引張強度のある注入管の所定設置に間隔をあけて可塑状ゲルによる固結体を形成し、又注入管の引張強度を固体による地盤の高密度体による補強効果を示す断面図である。

【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。

【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）は削孔したケーシング内に鉄筋を挿入しケーシング引き抜きによる可塑状ゲルの圧入の模式図であり、可塑状ゲルは逸脱しないため周辺地盤を圧密して大きな強度を有するグラウトパイルを形成する。（ｂ）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、（ｃ）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】本発明における材料の混合およびグラウト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７】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。

【図８】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９】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１０】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１１】注入量、または注入圧の三次元的表示例である。

【図１２】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１３】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。

【図１４】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１５】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。

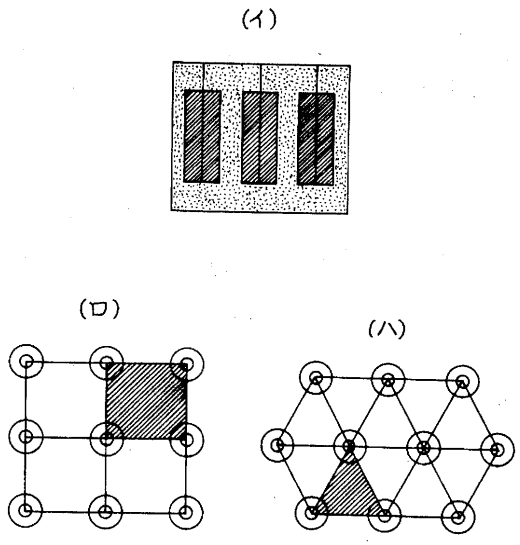
【符号の説明】

【０２１４】

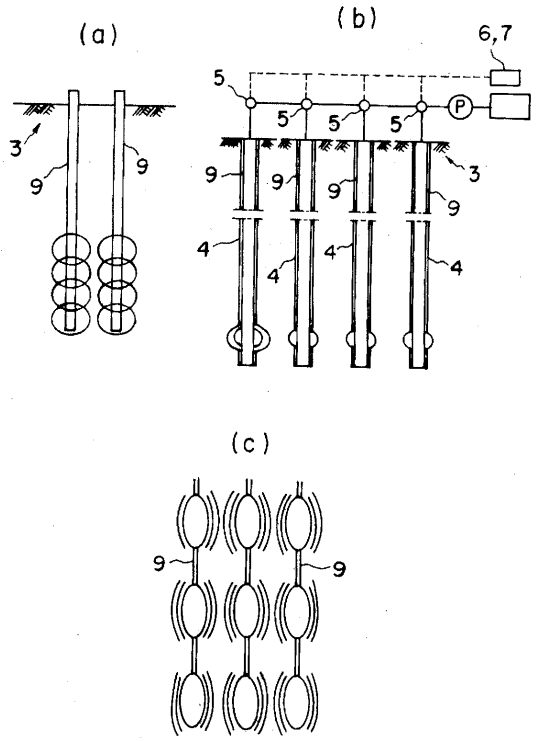
Ｘ１　集中管理装置
Ｘ２　注入監視盤
ｆｏ　流量計
ｐｏ　圧力計
３　地盤
４　削孔
５　バルブ
６　コントローラー
７　コンピューター
８　ケーシング
９　注入管
１０　鉄筋
１１　レーザービーム発生装置
１２　レーザー受信装置
１４　フーチング
１５　レーザービームセンサー
１６　鋼管注入管
１７　コンピューター
１８　注入制御装置
１９　補強支持杭
２０　杭基礎

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

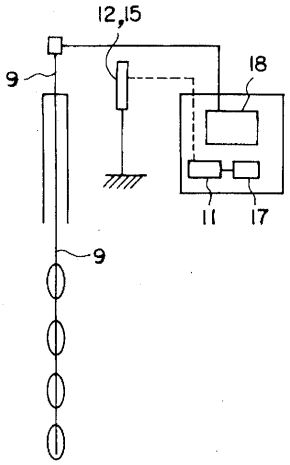
【図１】



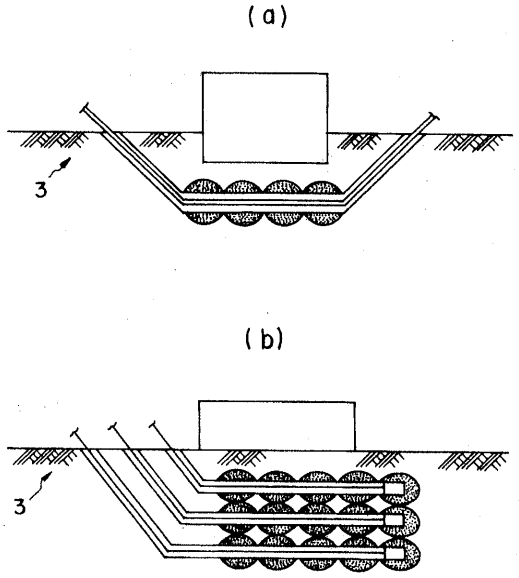
【図２】



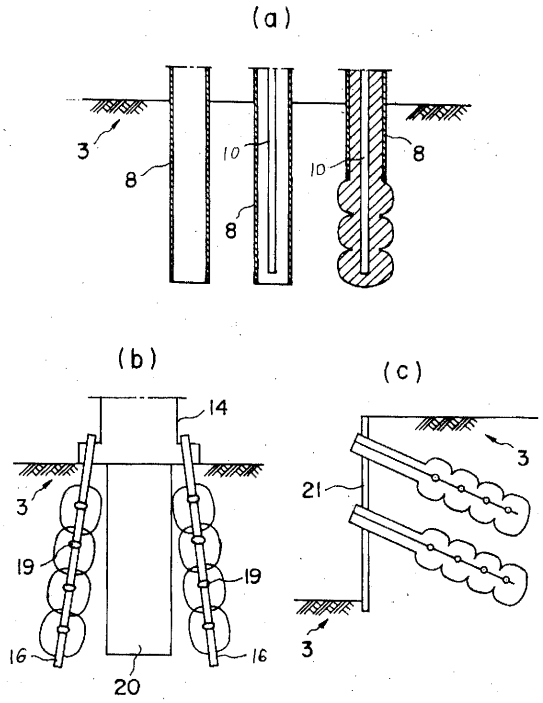
【図３】


12,15
18
9
11
17
9

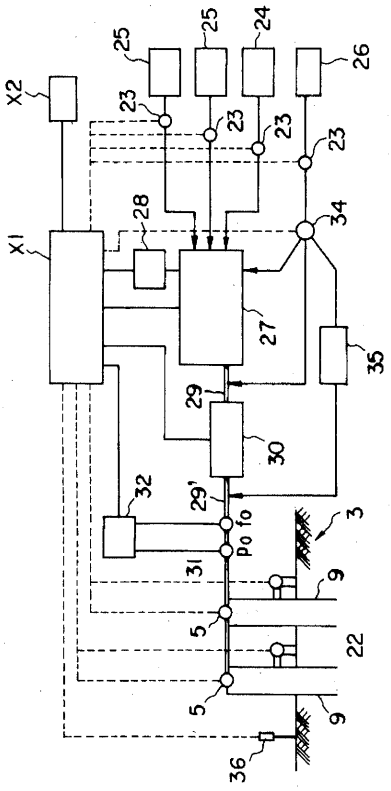
【図４】


(a)
3
(b)
3

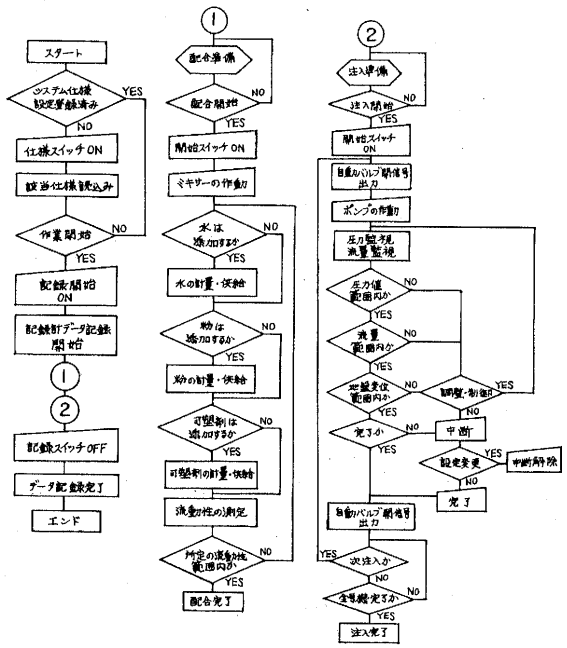
【図５】


(a)
3
8
10
10
8
8
(b)
14
3
19
19
16
16
20
(c)
3
21
3

【図６】


25
25
24
26
X2
23
23
23
23
28
34
X1
27
35
29
30
32
29'
Po
To
31
3
9
5
22
5
9
36

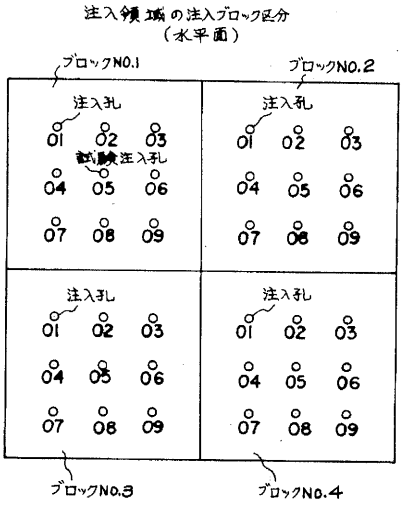
【図７】



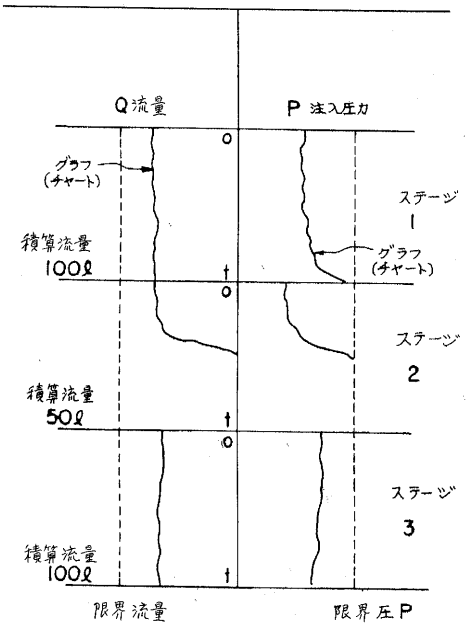
【図８】

カンシンガメン		ジカン 20プン	
01~05セキサン流量	01~05サイダイアツ	06~10セキサン流量	06~10サイダイアツ
01-セキサン 123.4L	01-サイダイアツ 1.23MPa	06-セキサン 123.4L	06-サイダイアツ 1.23MPa
02-セキサン 123.4L	02-サイダイアツ 1.23MPa	07-セキサン 123.4L	07-サイダイアツ 1.23MPa
03-セキサン 123.4L	03-サイダイアツ 1.23MPa	08-セキサン 123.4L	08-サイダイアツ 1.23MPa
04-セキサン 123.4L	04-サイダイアツ 1.23MPa	09-セキサン 123.4L	09-サイダイアツ 1.23MPa
05-セキサン 123.4L	05-サイダイアツ 1.23MPa	10-セキサン 123.4L	10-サイダイアツ 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

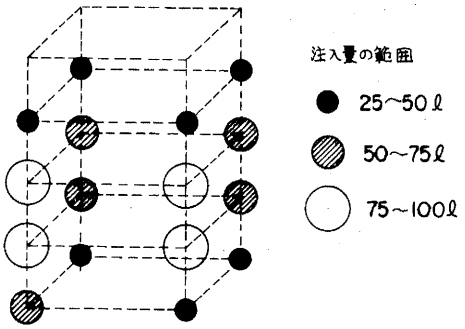
【図９】



【図１０】



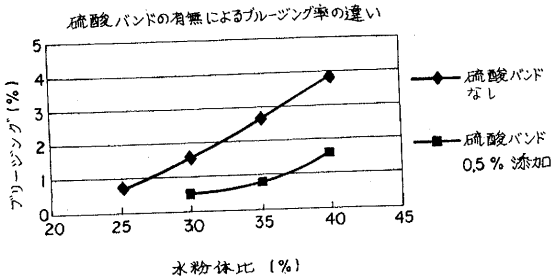
【図１１】



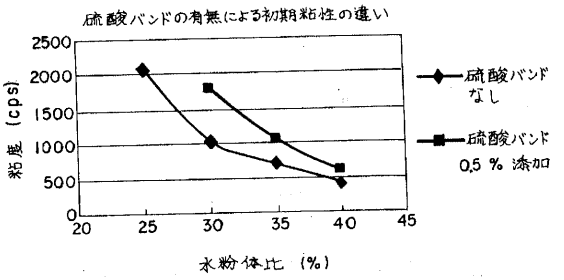
注入圧の範囲

深度(m)	注入圧(MP)
0～1.5	1～3
1.5～3.0	3～6
3.0～10.0	6～10

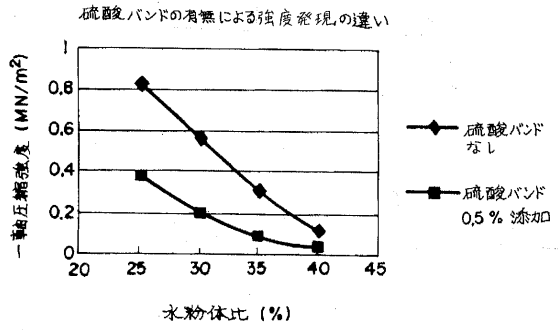
【図１２】



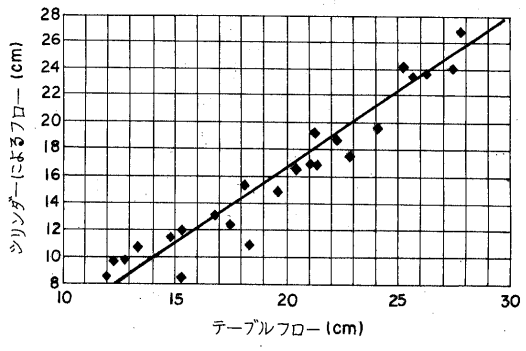
【図１３】



【図１４】



【図１５】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI		
C04B 18/14	*(2006.01)*	C04B	18/14	A
C04B 22/06	*(2006.01)*	C04B	22/06	Z
C04B 22/08	*(2006.01)*	C04B	22/08	A
C04B 22/14	*(2006.01)*	C04B	22/14	A
C04B 28/02	*(2006.01)*	C04B	28/02	
C04B 28/08	*(2006.01)*	C04B	28/08	
C04B 28/10	*(2006.01)*	C04B	28/10	
C04B 28/14	*(2006.01)*	C04B	28/14	
C09K 17/06	*(2006.01)*	C09K	17/06	
C09K 17/08	*(2006.01)*	C09K	17/08	
C09K 17/10	*(2006.01)*	C09K	17/10	
C09K 17/12	*(2006.01)*	C09K	17/12	
C09K 17/18	*(2006.01)*	C09K	17/18	
C09K 17/32	*(2006.01)*	C09K	17/32	
C09K 17/42	*(2006.01)*	C09K	17/42	
E02D 3/12	*(2006.01)*	E02D	3/12	101
C09K 103/00	*(2006.01)*	C09K	103:00	

合議体
審判長　松浦　新司
審判官　小出　直也
審判官　新居田　知生

(56)参考文献　特開平１１－１２４５７４（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２１２５５８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－１１９０６２（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２８２８９３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００６／１２９８８４（WO，Ａ１）
特開平１－２３４４９１（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２９１５２６（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－２５６５４２（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３４６６３６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C09K 17/00-17/52