(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2006 年12 月7 日 (07.12.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/129884 A1

(51) 国際特許分類:
C09K 17/02 (2006.01) *C09K 17/12* (2006.01)
C09K 17/06 (2006.01) *E02D 3/12* (2006.01)
C09K 17/08 (2006.01) *C09K 103/00* (2006.01)
C09K 17/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/311475

(22) 国際出願日: 2006 年6 月1 日 (01.06.2006)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2005-162300 2005 年6 月2 日 (02.06.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 強化土エンジニヤリング株式会社 (KYOKADO ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1130033 東京都文京区本郷３－１５－１ Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 島田 俊介 (SHIMADA, Shunsuke) [JP/JP]; 〒1130033 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 Tokyo (JP). 大場 美紀 (OBA, Miki) [JP/JP]; 〒1130033 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 染谷 仁 (SOMEYA, Jin); 〒1020093 東京都千代田区平河町２－１２－２ 藤森ビル３Ｆ Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) **Title:** PLASTIC GEL GROUT AND METHOD OF GROUND REINFORCEMENT

(54) 発明の名称: 可塑状ゲル注入材および地盤強化方法

(57) **Abstract:** A grout for ground that simultaneously satisfies the mutually conflicting property requirements of when injected in a ground under pressure, not infiltrating in soil grain interstices, and while maintaining fluidity in the ground as well, not departing outside a given range through fractures and forming lumps at a given position, and not only effecting growth to lumps by grout liquid per se as large as possible but also during the period up to attainment of solidification, pushing away surrounding soil grains to thereby increase the density of peripheral soil and sand; and a relevant method of ground reinforcement. There is provided a plastic gel grout injected under pressure through an injection hole disposed in a ground and tending to with time or by dehydration, lose fluidity and form lumps, which plastic gel grout comprises, as active components, components (1) and (3) or components (1), (2) and (3) as follows: (1) silica based non-hardening powdery material (material F), (2) calcium based powdery hardening material (material C), and (3) water (material W). Further, there is provided a method of ground reinforcement using the plastic gel grout.

[続葉有]

WO 2006/129884 A1

(57) 要約:

本発明は、地盤中に圧入された際に土粒子間に浸透せず、かつ、地盤中においても流動性を保ちながら、所定の範囲以外に割裂により逸脱することなく所定の位置に塊状体を形成し、かつ、できるだけ大きな注入液自体による塊状体に成長させ、しかも、固化にいたるまでの間に周辺の土粒子を押しやり、周辺の土砂の密度を高くするという相反する特性を同時に満たす地盤注入材及び地盤強化方法を提供する。

本発明は、地盤中に設けられた注入孔を通して圧入する可塑状ゲル注入材であって、時間とともに又は脱水によって流動性を失って塊状体を形成する、成分（１）と（３）又は（１）と（２）と（３）を有効成分として含む可塑状ゲル注入材及び該可塑状ゲル注入材を用いた地盤強化方法に関する。

（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）

明　細　書

可塑状ゲル注入材および地盤強化方法

技術分野

本発明は、可塑状ゲル注入材を地盤中に圧入し、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て地盤強化を図る可塑状ゲル注入材および地盤強化方法に関する。

背景技術

地盤中に固結材を圧入して土砂を周辺に押しやり、密度を増大させ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）を地盤中に圧入し、地盤中に固結体を造成して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）

しかし、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場所や建造物直下の基礎の補強には不適であった。

一方、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、注入口付近で合流混合してスランプが３ｃｍ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充填方法ある。

これを軟弱地盤中に加圧注入すると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。

また、セメントを主材とする従来の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り、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、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。

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。

しかしスランプが５ｃｍ未満とは、グラウトを構成する材料によって多少異なるが、フローでおおよそ１０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、地盤中で水分と粉体が分離し、脱水によってさらに流動性を失って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、注入圧が上が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。

発明の開示

そこで、本発明の課題は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し、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を提供することにある。

上述の課題を解決するため、本発明の可塑状ゲル注入材によれば、地盤中に設けられた注入孔を通して圧入する可塑状ゲル注入材であって、時間とともに、或いは脱水によって流動性を失って塊状体を形成する、次の成分（１）と（３）又は（１）と（２）と（３）を有効成分として含むことを特徴とする。

（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）

さらに、上述の課題を解決するため、本発明の地盤強化方法によれば、地盤中に複数の注入孔を設け、こ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、該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り、該可塑状ゲル注入材が以下の（１）と（３）又は（１）と（２）と（３）を有効成分として含むことを特徴とする。

（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）

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。

図面の簡単な説明

図１は可塑性グラウト圧入による地盤強化モデル図であり、（ａ）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、（ｂ）、（ｃ）は平面図および可塑性注入材の注入配置図である。（ｂ）は正方形配置図であり、（ｃ）は三角形配置図である。

図２は（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は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は（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は（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は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は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は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は注入領域の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は地盤のステージ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は注入量、または注入圧の三次元的表示例である。

図１２は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は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は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は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

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

発明を実施するための最良の形態

本発明の特徴は以下のとおりである。
（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。
（２）テーブルフローとスランプ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～２５ｃｍの範囲でスランプは１５ｃｍ～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、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、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時間を促進剤又は遅延剤や流動化剤、解こう剤、気泡材等の添加剤を用いる事によって調整し、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。
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。これにより所定の地盤改良を達成する事が出来る。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。
（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。

（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、スランプは５ｃｍ以上、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、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。

（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。促進材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以下に減少させる事が出来る。さらに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。

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、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。

（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材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。

（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。

（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。このため従来の技術では、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し、スランプ５ｃｍ未満にして

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。

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。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．本発明の該地盤注入材は、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することがない。

2．本発明地盤注入材は、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。

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、押し拡げて、静的に締め固める。

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、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。

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詰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。

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がそれぞれ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％から３０％（脱水率約１５％）さらには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。

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％から２５％に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。

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。

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。

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。

２．地盤中に注入した注入材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。

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以上又は／並びにテーブルフロー１２ｃｍ以上、または／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未満又は／並びにテーブルフローが３０ｃｍ未満、または／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。

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％ さらに好ましくは１～２０重量％
水粉体比	Ｗ／Ｆ＋Ｃ×１００（％）	２０～２００重量％ 好ましくは２０～１００重量％ さらに好ましくは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０.０１～０.３５％
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以上 好ましくは約５～２８ｃｍ さらに好ましくは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よりも大きく、２８ｃｍ未満 好ましくは約９～２６ｃｍ
フリージング	１０％以下、好ましくは５％以下

可塑状ゲルあるいは水粉体比が３０％以内の減少で可塑状ゲル、すなわちテーブルローが２０ｃｍ以内になる配合を用いる。

４．地表面近くは地盤隆起しやすく、又注入材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。

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。

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。

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。

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０.１～２.０重量％（Al_2O_3換算で０.０１～０.３５％）練り混ぜることにより、テーブルフロー１２～３０ｃｍ、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９～２６ｃｍの注入材となる。

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。

本発明の地盤注入材は、フローで現すと１２ｃｍ以上、好ましくは１２～３０ｃｍ、更に好ましくは１５ｃｍ～２８ｃｍ、スランプでは５ｃｍ以上、２８ｃｍ以下、好ましくは１０～２８ｃｍの範囲を示すことが好ましい。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。

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。

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。

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。硬化発現材がゼロ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。

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ロ紙を敷いたモールド中に注入材を填充し、想定した注入圧力に相当する圧力でシリンダーで加圧して脱水させ、えられた供試体の強度を測定し、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。

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、地盤中で加圧脱水する。これにより、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。

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。

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。

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。

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。

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、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。

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、水を加えて混合する。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、あるいは、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。

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、あるいは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。

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。

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。

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。

上述の注入は例えば次の（ａ）、（ｄ）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。
（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。

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）で反復注入して凝固せしめ、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。

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、地盤強化を行う。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注入されないように、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する。先行して注入した可塑性グラウトは周辺地盤を圧密し、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。

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する。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。

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。

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。

更に、本発明の注入において、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、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。なお注入管側面に吸水口を設ける。これにより、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、ドレーン効果を可能にする。

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て地盤の圧縮量を把握する。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する。これにより設計通りの圧密脱水による地盤強度の向上を確実に行う。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。

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。注入孔間隔は土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。

次に、本発明を図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。

図２（ｂ）の実施形態はインターバル方式の基本的実施例を示すものであり、所定の軟弱地盤３、所定ピッチで横方向に削孔４を所定深度に形成し、注入管９を削孔４に挿入し、地上の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注入管９の所定ステージに注入する。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う。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。

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なる方式で注入され、側方地盤の圧密脱水を図る。このとき、注入領域の外側の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。

この場合、地盤３の所定エリアに対し、削孔を横方向所定間隔で形成し、各削孔に対し、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する。そして、地盤注入材をコントローラー６により所定のプログラムを介して、横方向に並列的に形成された削孔４に対し、所定タイムラグで、インターバル方式により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。

すなわち、改良地盤は注入孔を介し所定の領域に一度に多量の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。しかし、全注入量を分割してインターバルで圧入すると、注入の中断により流動が停止してその位置に保持される。そしてその周辺には順次塊状可塑性ゲルによる固結体が成長し、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。

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、注入孔を介し、所定の領域に一度に多量の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。しかし、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、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。

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。

なお、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。

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、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。

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、上方へステップアップし圧入して地盤強化を行う。

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。

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。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、従来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うと、浸透注入不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。

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。

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。

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。

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、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。

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、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、地盤注入材の地盤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排出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。

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。

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。

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。

次に、本発明の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、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）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（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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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の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f_0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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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の分岐バルブ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。

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。

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、以下のとおりである。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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１.９～２.３ｇ/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、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
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。

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/m²
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

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。

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。

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/m²
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

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、硬化発現材比は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。

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。

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 5分後	フロー値 mm 30分後	初期粘性 cps	1日強度 MN/㎡
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。

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。

〔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、フライアッシュ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。

（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。

（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。

（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。

（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を超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。

（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。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。

（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。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。

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。

（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。

（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。

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。

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。

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 %	水紛体比 %	消石灰添加量 %	SiO2 %	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

（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の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。

（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。

（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、注入材を拡大する地盤改良に適している。

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。

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

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。

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

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。

表７

配	フライ	石膏	水	物性値						
合例	アッシュg	g	ml	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

（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。

（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。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。

（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。

（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。

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。

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 5分後	フロー値 mm 30分後	2日強度 MN/m²
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。

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 %	水紛体比 %	硫酸ﾊﾞﾝﾄﾞ添加量 %	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。

（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液の混合注入材によって塊状ゲルの形成が容易である。

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。

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

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。

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

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。

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		1日強度 MN/m²
									5分後	30分後	
19	400	18	13	160.2	4.18	37.17	7	7	21.0	19.5	0.10

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。

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

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表１４に示す。

表１４

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/m²
21	260	20	65	235	5.80	18.84	68.12	2	15	0.5	19.7 (5分)	0.08

（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。

（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１

７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。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。

（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事ができる。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。

（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。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。

（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。

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。

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)

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)

（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。

（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。

（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。

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。

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

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る。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。

本発明の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、混合装置中で混合して可塑状ゲルとし、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。

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、形状が不定形になり、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。

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。この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。

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。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。

区分Ｅによる注入では、一般の可塑状を呈さない配合製であって、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。

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、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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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／㎡）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

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３０～７０ｃｍ^{2}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^{2}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^{2}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

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

表２０

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

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

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

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。

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。

【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

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。

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。

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

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。

請　求　の　範　囲

1．地盤中に設けられた注入孔を通して圧入する可塑状ゲル注入材であって、時間とともに、或は脱水によって流動性を失って塊状体を形成する、次の成分（1）と（3）又は（1）と（2）と（3）を有効成分として含むことを特徴とする可塑状ゲル注入材。
（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）

2．請求項1の可塑状ゲル注入材は圧入時のテーブルフローが12cm以上又は／並びに圧入時のスランプが5cmより大きく、または／並びにシリンダーによるフローが8cmより大きく、地盤中への圧入前又は圧入中に可塑状ゲルに至る請求項1の可塑状ゲル注入材。

3．請求項1の可塑状ゲル注入材は脱水率30%以内で可塑状ゲルに至る請求項1の可塑状ゲル注入材。

4．請求項1の可塑状ゲル注入材は圧入時のスランプが5cmより大きく、又は／並びにテーブルフローが12cm以上、又は／並びにシリンダーによるフロー8cmより大きく、地盤中に圧入中に可塑状ゲルを呈する注入材であって、流動性の良い注入材と流動性の低い注入材を併用し、流動性の良い注入材は地盤に割裂部を形成し、流動性の低い注入材は割裂部を押し拡げて可塑状ゲルによる塊状固結体を形成し、周辺地盤を高密度化することによって可塑状ゲルの圧入しにくい密度の地盤に改良する請求項1の可塑状ゲル注入材。

5．請求項1の可塑状ゲル注入材は地盤中で脱水によって周辺地盤と同等又はそれ以上の強度を発現する請求項1の可塑状ゲル注入材。

6．非硬化性粉状体（F材）がフライアッシュ、スラグ、焼却灰、粘土、土砂および珪砂の群から選択される請求項1の可塑状ゲル注入材。

7．カルシウム系粉状硬化発現材（C材）がセメント、石灰、石膏およびスラグの群から選択される請求項1に記載の可塑状ゲル注入材。ただし、スラグは非硬化性粉状体がスラグの場合に硬化発現材から除外する。

8．硬化発現材比が1～40重量パーセントである請求項1の可塑状ゲル注入材。ただし、硬化発現材比＝C／（F＋C）×100（%）であり、F、Cはいずれも重量を示す。

9．水紛体比が20～200重量パーセントである請求項1の可塑状ゲル注入材。ただし、水紛体比＝W／（F+C）×100（%）であって、F、C、Wはいずれも重量を示す。

10．可塑状ゲル注入材は添加剤としてゲル化促進剤、ゲル化遅延剤、増粘剤、保水材、解こう剤、起泡剤、又は流動化材からなる流動性調整材を含む請求項1の可塑状ゲル注入材。

11．可塑状ゲル注入材は添加剤としてアルミニウム塩をアルミニウム比で0.1～3.0重量パーセント（Al_2O_3換算で0.01～0.52重量パーセント）、水ガラスまたは水ガラスと酸の混合液をシリカ濃度（SiO_2換算）で0.2～7.0重

量パーセント含む請求項１の可塑状ゲル注入材。ただし、アルミニウム比＝アルミニウム塩／（Ｆ＋Ｃ）×１００（％）であって、アルミニウム塩は重量を表す。

１２．地盤中に複数の注入孔を設け、こ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、該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り、該可塑状ゲル注入材が以下の（１）と（３）、または（１）と（２）と（３）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）

１３．請求項１２の可塑状ゲル注入材は圧入時のテーブルフローが１２ｃｍ以上、又は／並びに圧入時のスランプが５ｃｍより大きく、又は／並びにシリンダーによるフローが８ｃｍより大きく、地盤中への圧入前又は圧入中に可塑状ゲルに至る請求項１２の地盤強化方法。

１４．請求項１２の可塑状ゲル注入材は圧入時のスランプが５ｃｍより大きく、又は／並びにテーブルフローが１２ｃｍ以上、又は／並びにシリンダーによるフローが８ｃｍより大きく、地盤中に圧入中に可塑状ゲルを呈する注入材であって、流動性の良い注入材と流動性の低い注入材を併用し、流動性の良い注入材は地盤に割裂部を形成し、流動性の低い注入材は割裂部を押し拡げて可塑状ゲルによる塊状固結体を形成し、周辺地盤を高密度化することによって可塑状ゲルの圧入しにくい密度の地盤に改良する請求項１２の地盤強化方法。

１５．請求項１２の可塑状ゲル注入材は脱水率３０パーセント以内で可塑状ゲルに至る請求項１２の地盤強化方法。

１６．請求項１２の可塑状ゲル注入材は地盤中で脱水によって流動性を失って塊状体を形成し、周辺地盤と同等あるいはそれ以上の強度を発現する請求項１２の地盤強化方法。

１７．非硬化性粉状体（Ｆ材）がフライアッシュ、スラグ、焼却灰、粘土、土砂および珪砂の群から選択される請求項１２の地盤強化方法。

１８．カルシウム系粉状硬化発現材（Ｃ材）がセメント、石灰、石膏およびスラグの群から選択される請求項１２に記載の地盤強化方法。ただし、スラグは非硬化性粉状体がスラグの場合に硬化発現材から除外する。

１９．硬化発現材比が１～４０重量パーセントである請求項１２の地盤強化方法。ただし、硬化性発現材比＝Ｃ／（Ｆ＋Ｃ）×１００（％）であり、Ｆ、Ｃはいずれも重量を示す。

２０．水粉体比が２０～２００重量パーセントである請求項１２の地盤強化方法。ただし、水粉体比＝Ｗ／（Ｆ＋Ｃ）×１００（％）であって、Ｆ、Ｃ、Ｗはいずれも重量を示す。

２１．可塑状ゲル注入材は添加剤としてゲル化促進剤、ゲル化遅延剤、増粘剤、保水材、解こう剤、起泡剤、または流動化材からなる流動性調整材を含む請求項１２の地盤強化方法。

２２．可塑状ゲル注入材は添加剤としてアルミニウム塩をアルミニウム比で０．１～３．０重量パーセント（Al_2O_3換算で０．０１～０．５２重量パーセント）、水ガラスまたは水ガラスと酸の混合液をシリカ濃度（SiO_2換算）で０．２～７．０重量パーセント含む請求項１２の地盤強化方法。ただし、アルミニウム比＝アルミニウム塩／（Ｆ＋Ｃ）×１００（％）であって、アルミニウム塩は重量を表す。

２３．可塑状ゲル注入材はインターバル方式により反復される請求項１２の地盤強化工法。

２４．請求項１２において、地盤中にドレーン材を設置して地盤中の脱水を促進し、あるいは吸水口を有する注入管から可塑状ゲル注入材を注入すると共に、可塑状ゲル注入材によるゲル中の水分や土中水を吸水口から脱水する請求項１２に記載の地盤強化方法。

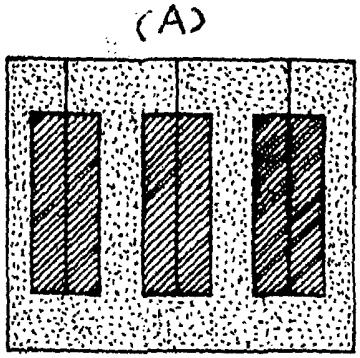
２５．請求項１２において、次の（ａ）から（ｄ）のいずれかに示す注入管を用いて該地盤注入材を地盤中に圧入する請求項１２に記載の地盤強化方法。
（ａ）先端に削孔部または吐出口を有する注入管。
（ｂ）軸方向に複数の吐出口を有する注入管。
（ｃ）上下両端を閉束した少なくとも一つの袋体、または上下いずれか一方を閉束し、他方を開放した袋体を備えた注入管。
（ｄ）管壁に吐出口とフィルター材で覆われた吸水口を設けた注入管。

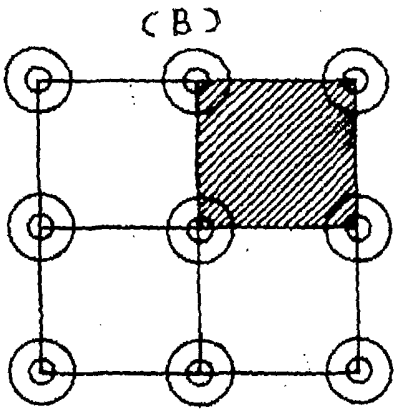
２６．請求項２５において、注入管の袋体に注入材を注入し、袋体を周辺に膨張して地盤を圧縮強化し、袋体よりも下方に位置する吐出口から注入材を地盤中に圧入する請求項２５の地盤強化方法。

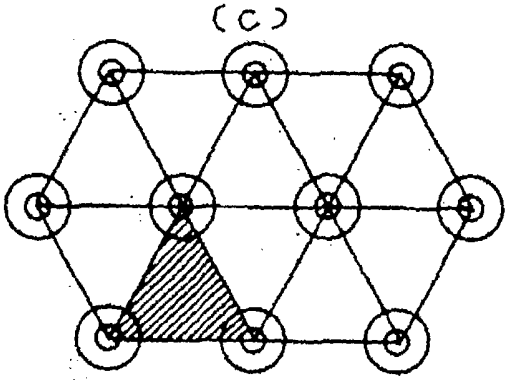
２７．請求項２５において、地盤中に引張力を有する注入管、または引張材とともに注入管を設置し、地盤を圧縮して密度を増加すると同時に、注入管または引張材の引張力を地盤に付与する請求項２５の地盤強化方法。

２８．建造物下方の地盤中に注入管を曲線状に、斜めに、または水平に設置し、この注入管を通して地盤中に可塑状ゲル注入材を圧入して建造物下方の地盤を強化する請求項１２の地盤強化方法。

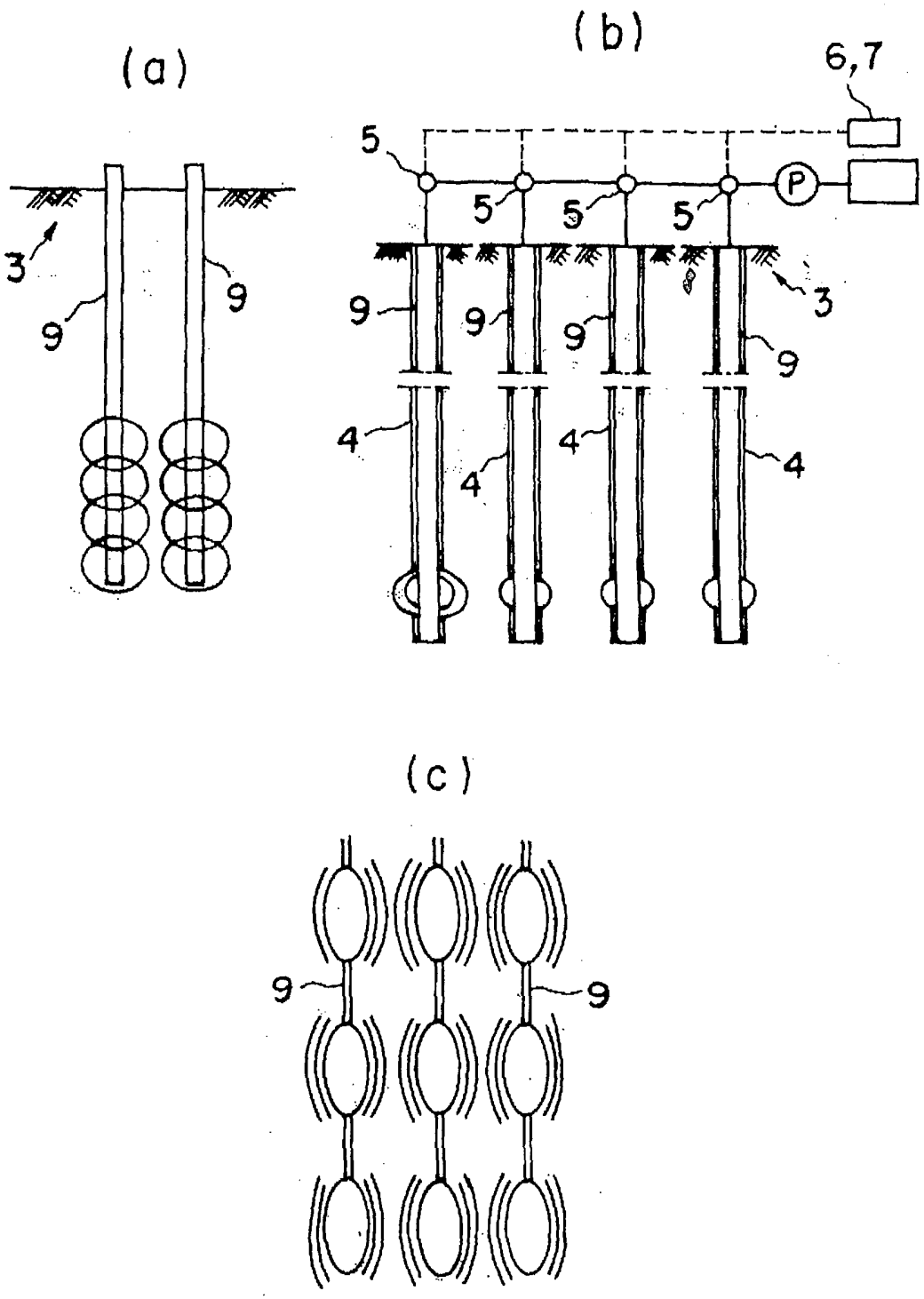
【図１】



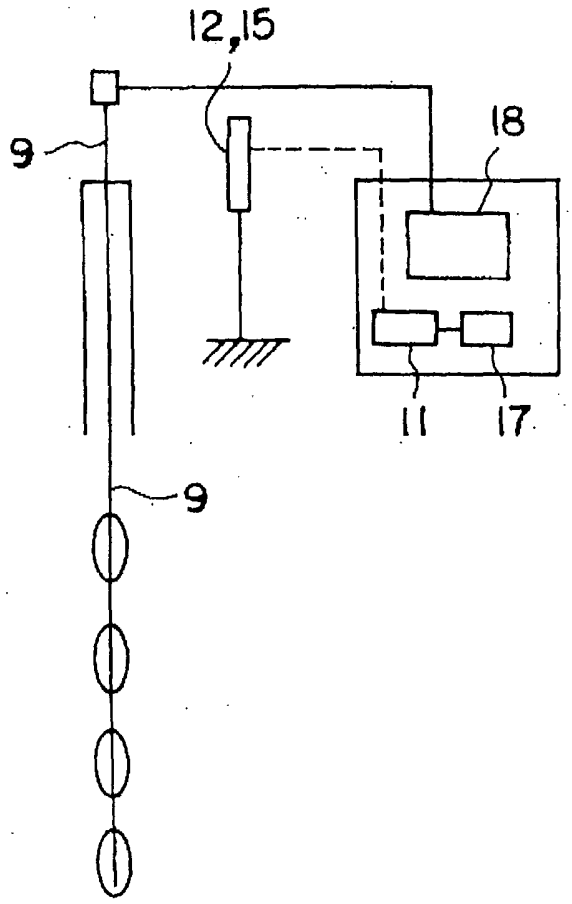




【図２】

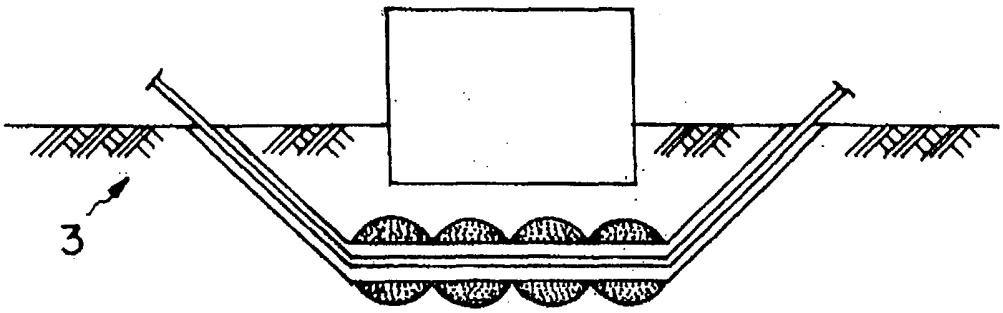


【図３】

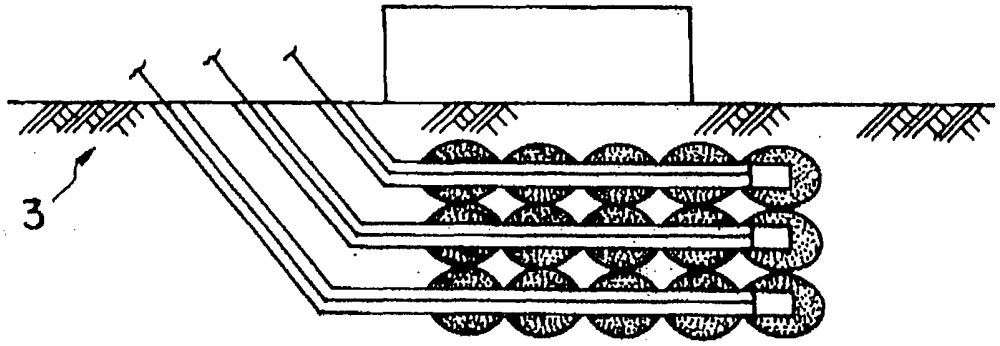


[図4]

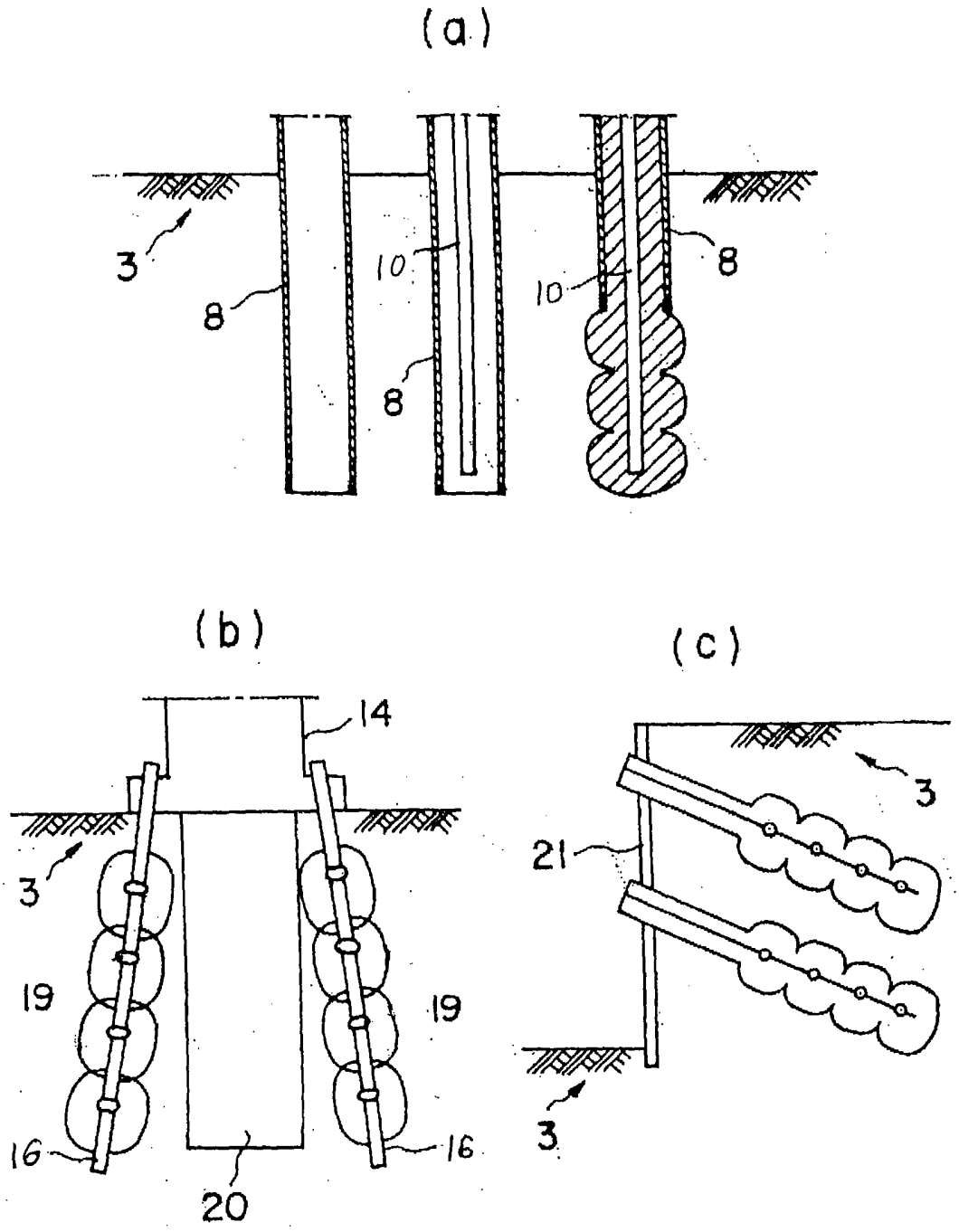
(a)



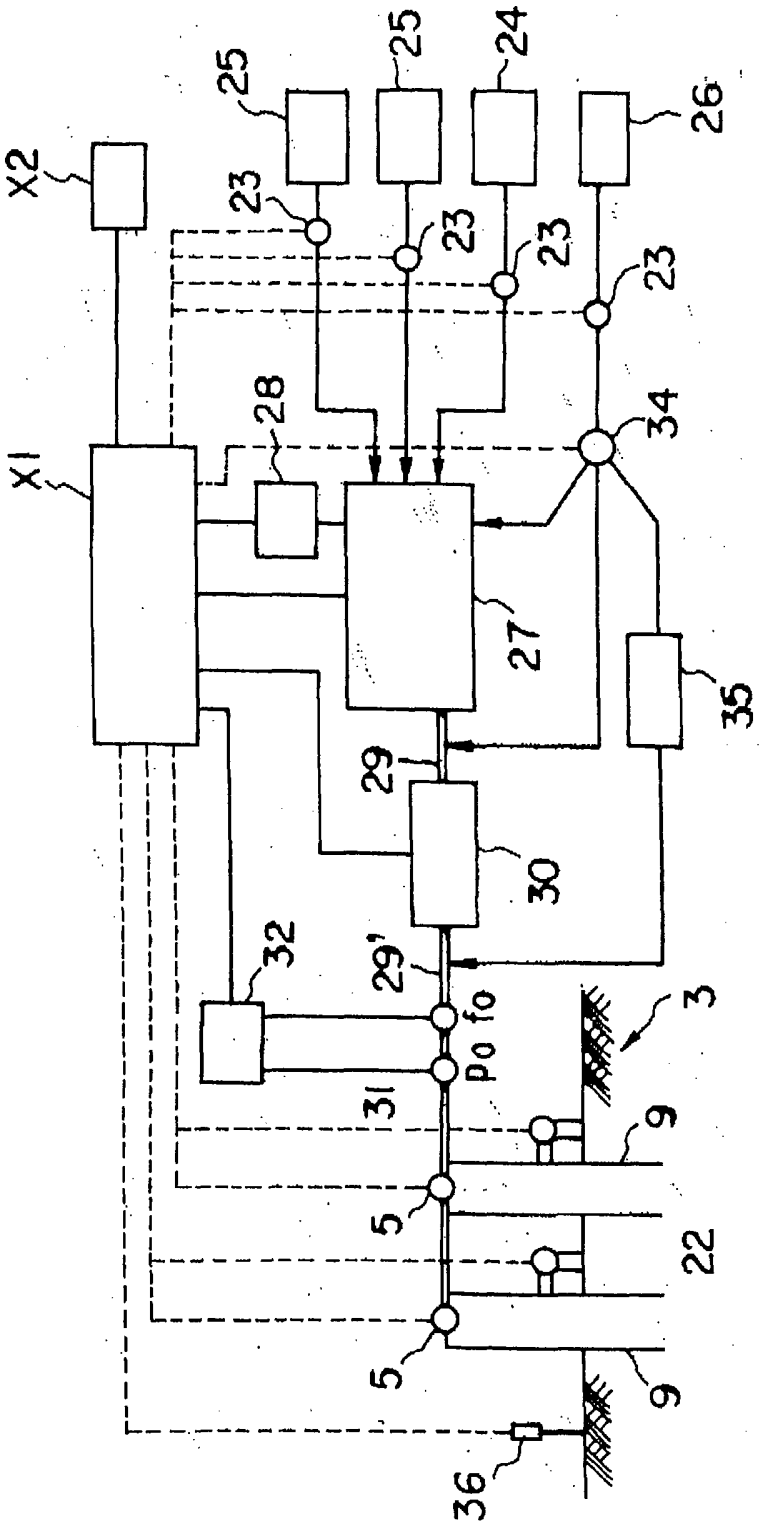
(b)



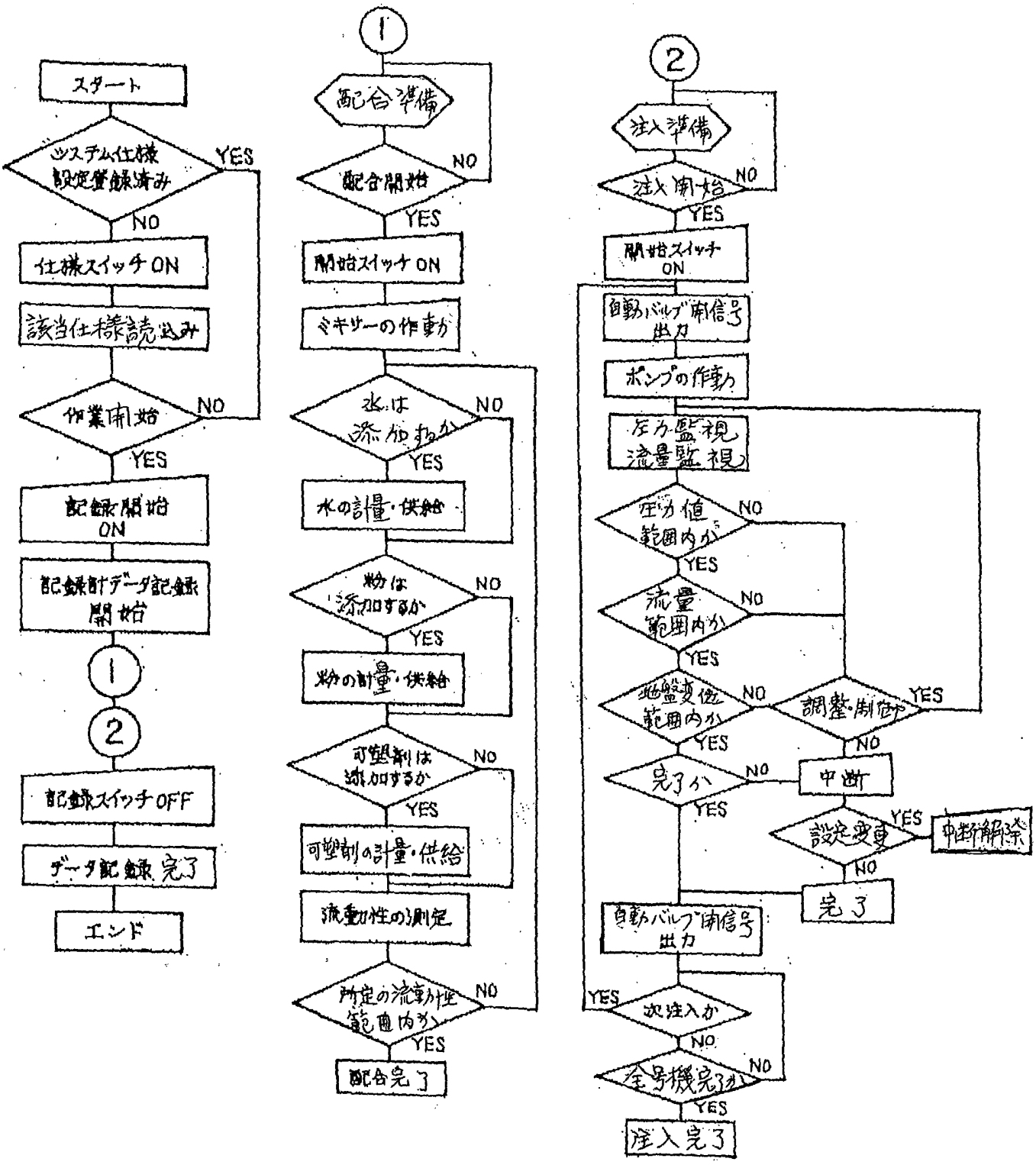
【図５】



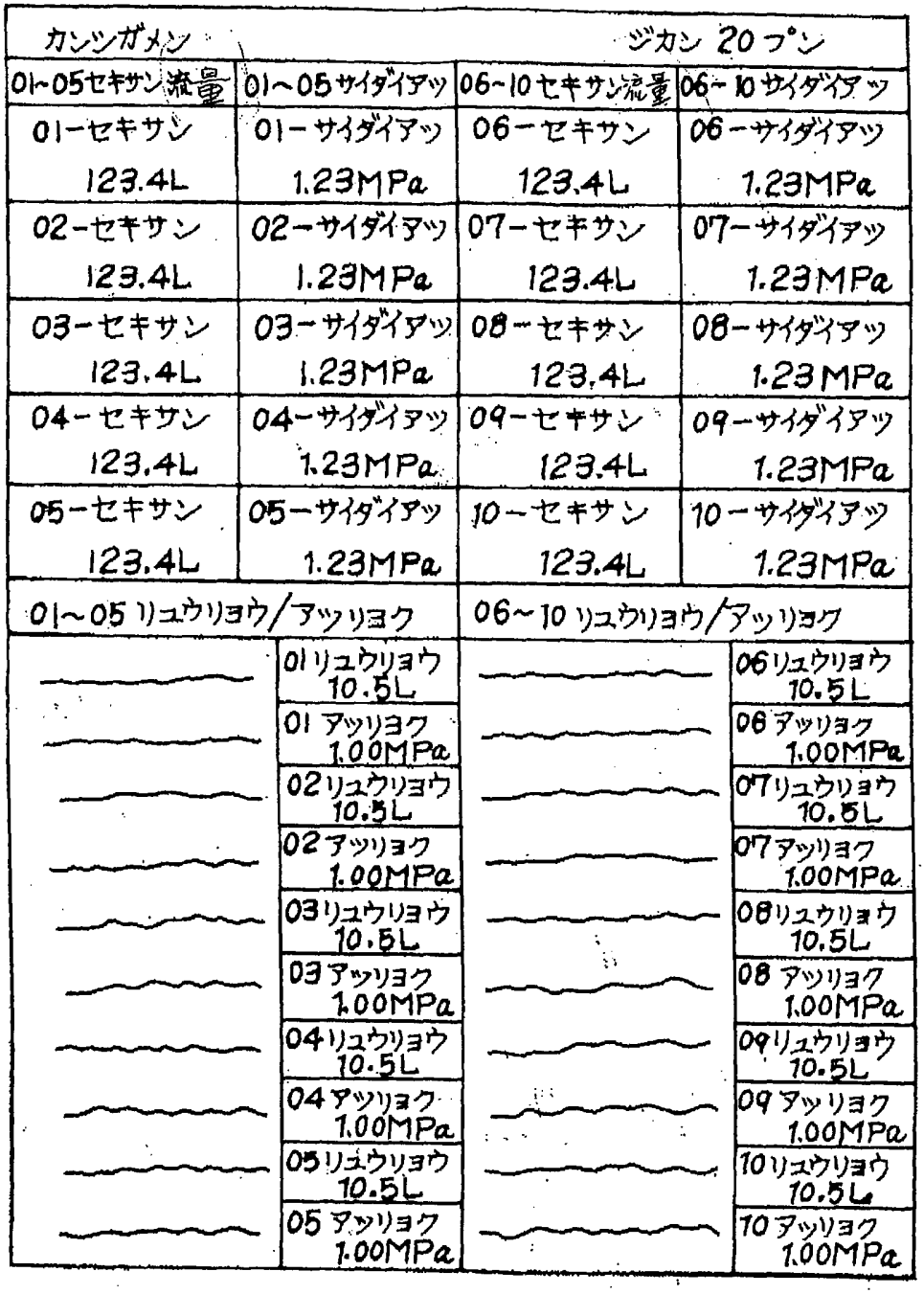
【図６】


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

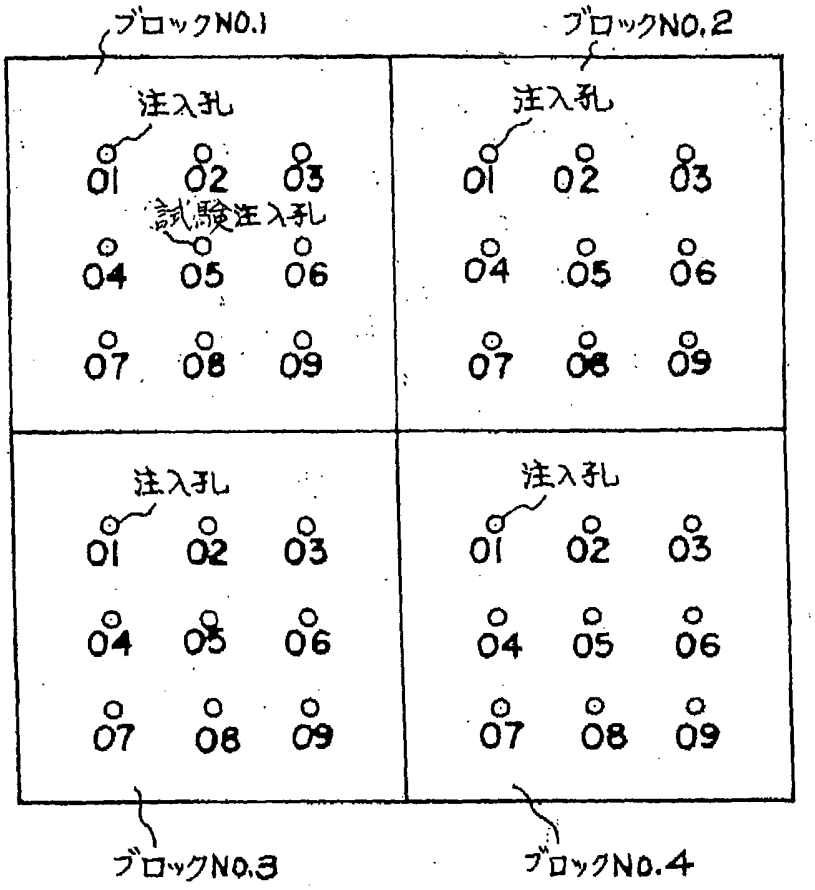
【図７】


スタート
システム仕様設定登録済み
YES
NO
仕様スイッチON
該当仕様読込み
作業開始
NO
YES
記録開始ON
記録計データ記録開始
1
2
記録スイッチOFF
データ記録完了
エンド
1
配合準備
配合開始
NO
YES
開始スイッチON
ミキサーの作動
水は添加するか
NO
YES
水の計量・供給
粉は添加するか
NO
YES
粉の計量・供給
可塑剤は添加するか
NO
YES
可塑剤の計量・供給
流動性の測定
所定の流動性範囲内か
NO
YES
配合完了
2
注入準備
注入開始
NO
YES
開始スイッチON
自動バルブ開信号出力
ポンプの作動
圧力監視
流量監視
圧力値範囲内か
NO
YES
流量範囲内か
NO
YES
地盤変位範囲内か
NO
YES
調整・制御
YES
NO
完了か
NO
YES
中断
設定変更
YES
中断解除
NO
完了
自動バルブ閉信号出力
次注入か
YES
NO
全号機完了か
NO
YES
注入完了

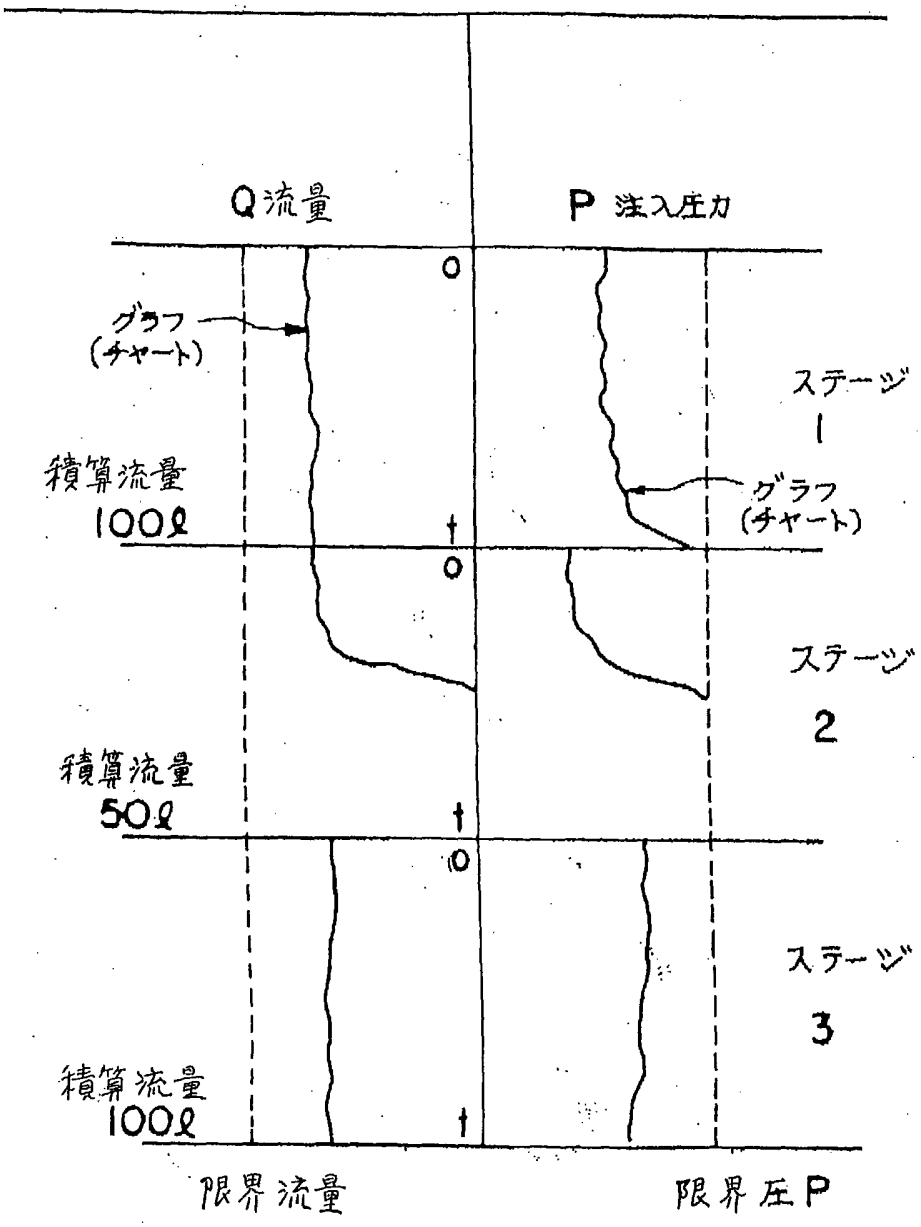
【図８】


カンツガメン
ジカン 20フン
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
01アツリョク 1.00MPa
02リュウリョウ 10.5L
02アツリョク 1.00MPa
03リュウリョウ 10.5L
03アツリョク 1.00MPa
04リュウリョウ 10.5L
04アツリョク 1.00MPa
05リュウリョウ 10.5L
05アツリョク 1.00MPa
06リュウリョウ 10.5L
06アツリョク 1.00MPa
07リュウリョウ 10.5L
07アツリョク 1.00MPa
08リュウリョウ 10.5L
08アツリョク 1.00MPa
09リュウリョウ 10.5L
09アツリョク 1.00MPa
10リュウリョウ 10.5L
10アツリョク 1.00MPa

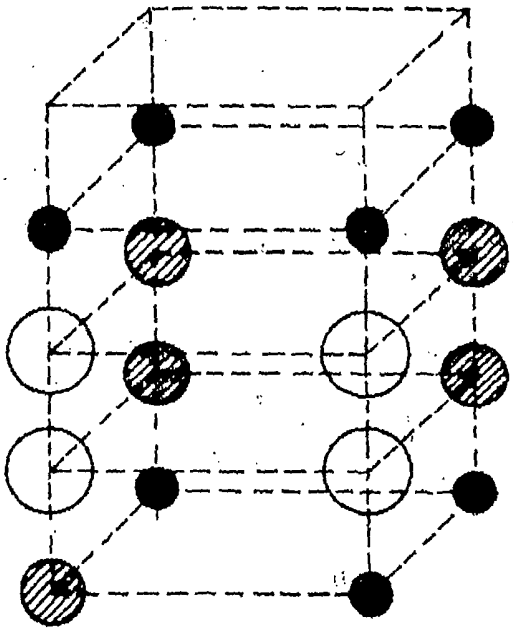
【図９】


ブロックNO.1
ブロックNO.2
注入孔
01
02
03
試験注入孔
04
05
06
07
08
09
注入孔
01
02
03
04
05
06
07
08
09
注入孔
01
02
03
04
05
06
07
08
09
注入孔
01
02
03
04
05
06
07
08
09
ブロックNO.3
ブロックNO.4

【図１０】


Q流量
P 注入圧力
0
グラフ
(チャート)
ステージ
1
積算流量
100ℓ
t
グラフ
(チャート)
0
ステージ
2
積算流量
50ℓ
t
0
ステージ
3
積算流量
100ℓ
t
限界流量
限界圧P

【図１１】



注入量の範囲

● 25~50ℓ

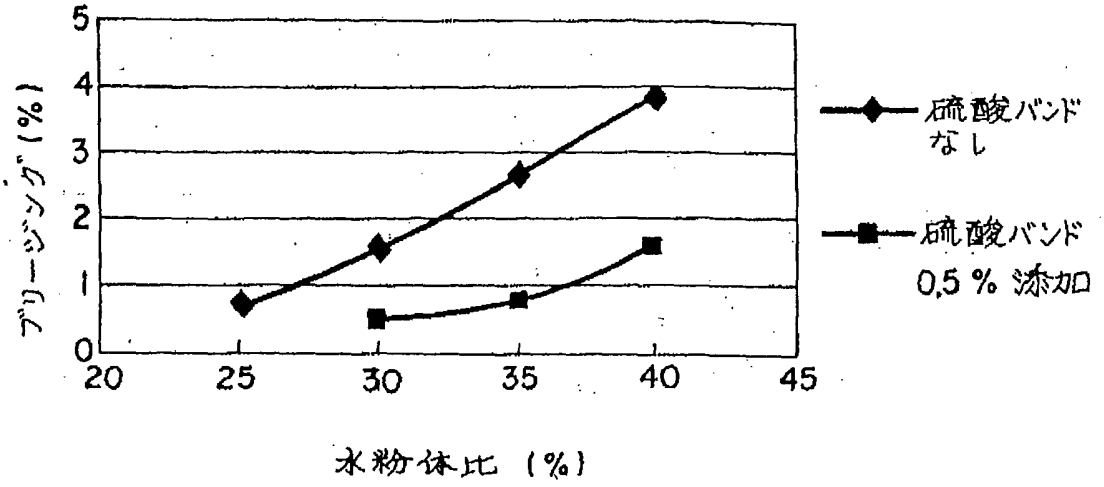
▨ 50~75ℓ

○ 75~100ℓ

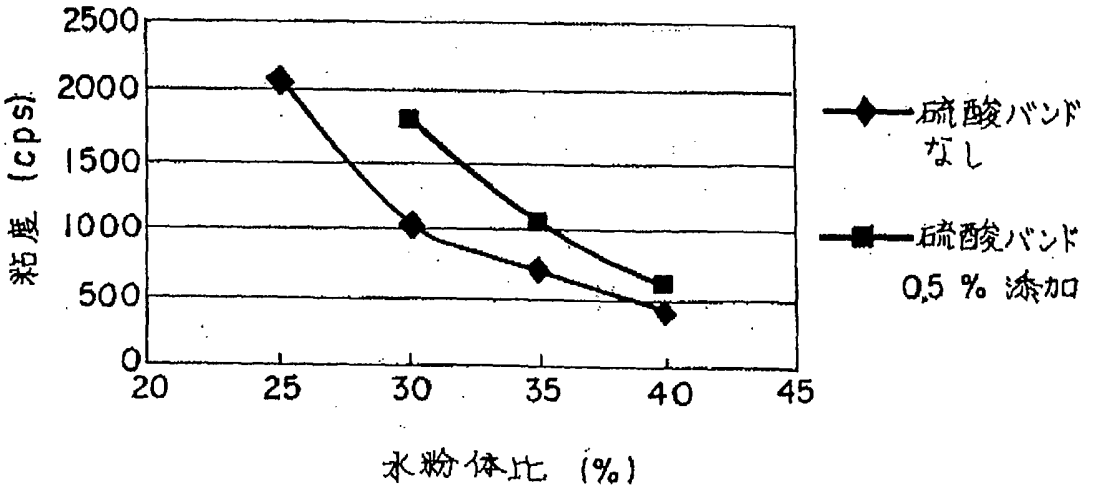
注入圧の範囲

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

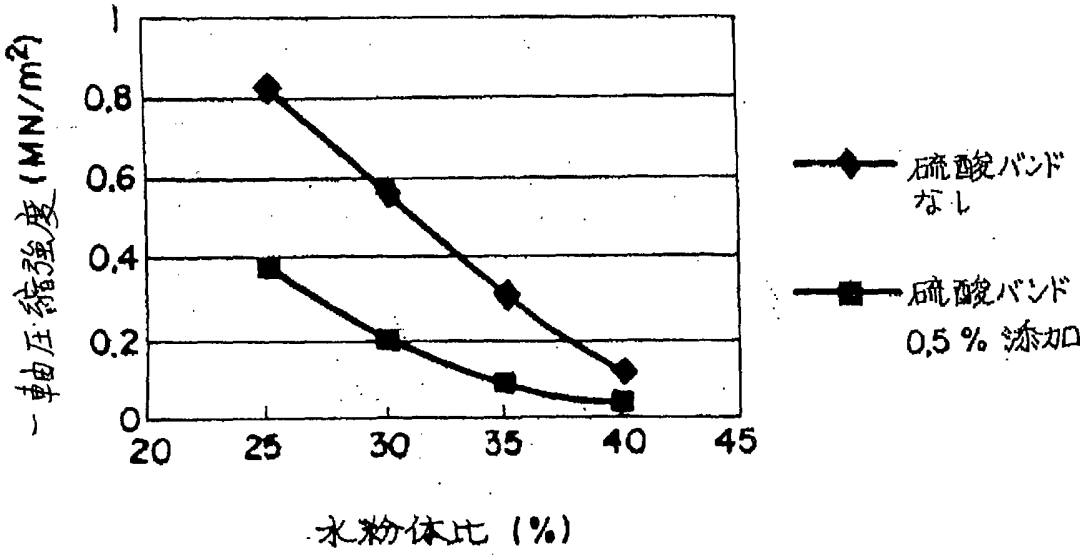
【図１２】


ブリージング(%)
5
4
3
2
1
0
20
25
30
35
40
45
水粉体比 (%)
硫酸バンド なし
硫酸バンド 0.5 % 添加

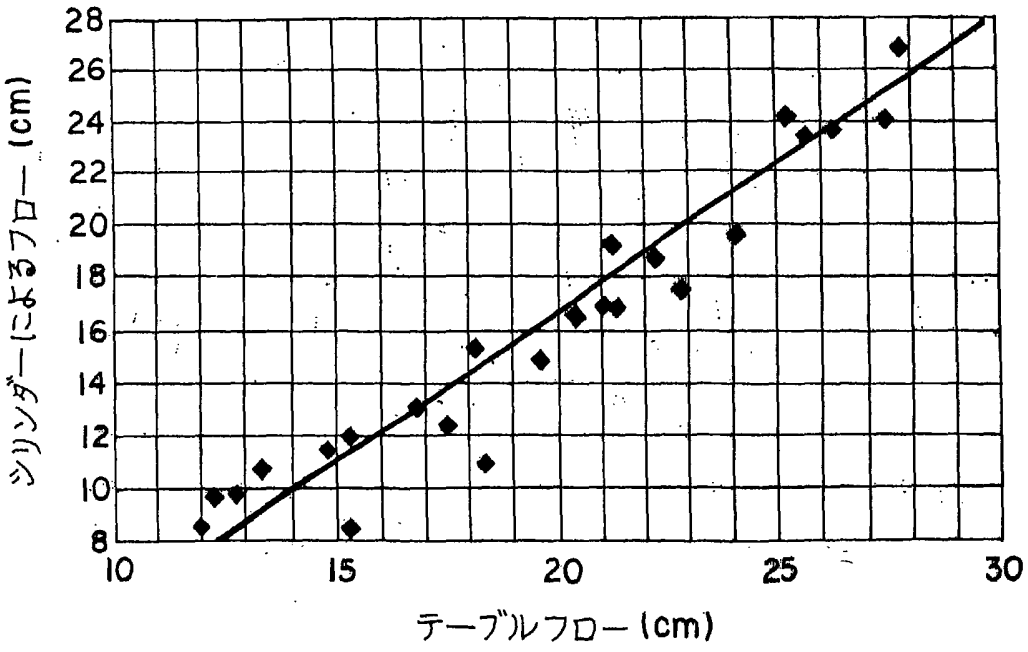
【図１３】


粘度 (cps)
2500
2000
1500
1000
500
0
20
25
30
35
40
45
水粉体比 (%)
硫酸バンド なし
硫酸バンド 0.5 % 添加

【図１４】


一軸圧縮強度 (MN/m²)
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
20
25
30
35
40
45
水粉体比 (%)
硫酸バンド なし
硫酸バンド 0.5 % 添加

【図１５】


シリンダーによるフロー (cm)
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
10
15
20
25
30
テーブルフロー (cm)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/311475

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C09K17/02(2006.01)i, *C09K17/06*(2006.01)i, *C09K17/08*(2006.01)i, *C09K17/10*(2006.01)i, *C09K17/12*(2006.01)i, *E02D3/12*(2006.01)i, *C09K103/00*(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C09K17/02-17/12, 103/00, E02D3/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-105745 A (Kyoka Tsuchi Engineering Kabushiki Kaisha), 09 April, 2003 (09.04.03), (Family: none)	1-28
X	JP 2002-294686 A (Yugen Kaisha Shimoda Gijutsu Kenkyusho et al.), 09 October, 2002 (09.10.02), (Family: none)	1-28
X	JP 6-108449 A (Kabushiki Kaisha Nitto Tekuno Gurupu et al.), 19 April, 1994 (19.04.94), (Family: none)	1-28

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 September, 2006 (05.09.06)	12 September, 2006 (12.09.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/311475

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2000-87035 A (Kyoka Tsuchi Engineering Kabushiki Kaisha), 28 March, 2000 (28.03.00), & KR 2000023085 A	1-28
X	JP 2001-98271 A (Kyoka Tsuchi Engineering Kabushiki Kaisha), 10 April, 2001 (10.04.01), (Family: none)	1-28
X	JP 2002-88752 A (Kyoka Tsuchi Engineering Kabushiki Kaisha), 27 March, 2002 (27.03.02), (Family: none)	1-28
X	JP 11-124574 A (Yugen Kaisha Shimoda Gijutsu Kenkyusho et al.), 11 May, 1999 (11.05.99), (Family: none)	1-28
X	JP 11-193382 A (Yugen Kaisha Shimoda Gijutsu Kenkyusho, et al.), 21 July, 1999 (21.07.99), (Family: none)	1-28
P,X	JP 2006-56909 A (Kyoka Tsuchi Engineering Kabushiki Kaisha), 02 March, 2006 (02.03.06), (Family: none)	1-28

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３１１４７５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C09K17/02(2006.01)i, C09K17/06(2006.01)i, C09K17/08(2006.01)i, C09K17/10(2006.01)i, C09K17/12(2006.01)i, E02D3/12(2006.01)i, C09K103/00(2006.01)n

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.

C09K 17/02-17/12,103/00,　E02D 3/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ｘ	ＪＰ　２００３－１０５７４５　Ａ （強化土エンジニヤリング株式会社）， ２００３．０４．０９ （ファミリーなし）	１－２８

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０５．０９．２００６	国際調査報告の発送日 １２．０９．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｖ　９２８０ 山　本　　昌　広 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４８３

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ｘ	ＪＰ　２００２－２９４６８６　Ａ （有限会社シモダ技術研究所　外１名）， ２００２．１０．０９ （ファミリーなし）	１－２８
Ｘ	ＪＰ　６－１０８４４９　Ａ （株式会社日東テクノ・グループ　外１名）， １９９４．０４．１９ （ファミリーなし）	１－２８
Ｘ	ＪＰ　２０００－８７０３５　Ａ （強化土エンジニヤリング株式会社）， ２０００．０３．２８ ＆ＫＲ　２０００２３０８５　Ａ	１－２８
Ｘ	ＪＰ　２００１－９８２７１　Ａ （強化土エンジニヤリング株式会社）， ２００１．０４．１０ （ファミリーなし）	１－２８
Ｘ	ＪＰ　２００２－８８７５２　Ａ （強化土エンジニヤリング株式会社）， ２００２．０３．２７ （ファミリーなし）	１－２８
Ｘ	ＪＰ　１１－１２４５７４　Ａ （有限会社シモダ技術研究所　外１名）， １９９９．０５．１１ （ファミリーなし）	１－２８
Ｘ	ＪＰ　１１－１９３３８２　Ａ （有限会社シモダ技術研究所　外２名）， １９９９．０７．２１ （ファミリーなし）	１－２８

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ｐ，Ｘ	ＪＰ　２００６－５６９０９　Ａ （強化土エンジニヤリング株式会社）， ２００６．０３．０２ （ファミリーなし）	１－２８