

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5033409号
(P5033409)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int. Cl. F 1
 E O 2 D 3/08 (2006.01) E O 2 D 3/08
 E O 2 D 27/26 (2006.01) E O 2 D 27/26

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-341648 (P2006-341648)	(73) 特許権者	504139662 国立大学法人名古屋大学
(22) 出願日	平成18年12月19日(2006.12.19)		愛知県名古屋市千種区不老町1番
(65) 公開番号	特開2008-150902 (P2008-150902A)	(73) 特許権者	505398941 東日本高速道路株式会社
(43) 公開日	平成20年7月3日(2008.7.3)		東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
審査請求日	平成21年12月7日(2009.12.7)	(73) 特許権者	505398952 中日本高速道路株式会社
特許法第30条第1項適用	平成18年6月20日 社団法人地盤工学会発行の「第41回地盤工学研究発表会 平成18年度発表講演集2分冊の1」に発表	(73) 特許権者	000236610 株式会社不動テトラ
		(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軟弱地盤の長期沈下抑制方法及び軟弱地盤の長期沈下発生判定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自然堆積粘土のように構造が発達した粘性土地盤上に盛土を敷設して成る軟弱地盤の長期沈下抑制方法において、

前記粘性土地盤上に盛土を敷設する前で、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に、該粘性土地盤中に柱状で鉛直な粒状体の杭を複数打設し、この各粒状体の杭の打設時の振動と粒状体の締め固めによる強制押し込みで前記粘性土地盤の構造を事前に低位化させ、練返し土に近づけることを特徴とする軟弱地盤の長期沈下抑制方法。

【請求項2】

請求項1記載の軟弱地盤の長期沈下抑制方法であって、

前記各粒状体の杭の直径を40cm以上としたことを特徴とする軟弱地盤の長期沈下抑制方法。

【請求項3】

自然堆積粘土のように構造が発達した粘性土地盤上に盛土を敷設して成る軟弱地盤の長期沈下発生判定方法において、

前記粘性土地盤の沈下は、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に発生することを特徴とする軟弱地盤の長期沈下発生判定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、自然堆積粘土地盤等の軟弱地盤の長期沈下抑制方法及び軟弱地盤の長期沈下発生判定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

この種の軟弱地盤の沈下低減方法として、図8に示すものがある（例えば、特許文献1参照。）。

【0003】

この軟弱地盤の沈下低減方法は、まず、図8(a)に示すように、軟弱地盤1上に沈下のおそれの少ない良質な土砂を所要の厚さ敷設して盛土2を形成する。次に、図8(b)に示すように、軟弱地盤1中にコンクリート杭等の既製杭3を所要の数だけ所定の間隔で必要な深さまで打設する。この際に、既製杭3の杭頭部3aが盛土2内で所定の深さに埋設されるように設置する。

10

【0004】

次に、図8(c)に示すように、既製杭3の杭頭部3aの周りの盛土2にスラリー状のセメント等の固化材を混合し、硬化させて固化層4を形成する。この後で、図8(d)に示すように、盛土2上に所要の舗装材5a, 5b等を積層して舗装5を形成する。この結果、既製杭3と固化層4及び舗装5が一体化されて構築されるため、軟弱地盤1の沈下が低減される。

20

【特許文献1】特開2003-268790号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、前記従来の軟弱地盤1の沈下低減方法では、軟弱地盤1中にコンクリート杭等の既製杭3を打設すると共に、既製杭3の杭頭部3aの周りの盛土2内に固化材を混合して硬化させた固化層4を構築しているため、施工が煩雑で時間がかかると共に、コスト高であった。

【0006】

また、軟弱地盤1が自然堆積の軟弱粘土地盤の場合は、長期沈下（二次圧密）を生じるメカニズムが判っていないため、既製杭3の打設本数を増やす等しか有効な対処方法はなく、その長期沈下の事前予測や抑制対策も事実上行われていなかった。

30

【0007】

そこで、本発明は、前記した課題を解決すべくなされたものであり、簡単な施工でかつ低コストで長期にわたる地盤沈下を確実に防止することができる軟弱地盤の長期沈下抑制方法を提供することを目的とし、また、長期にわたって地盤沈下のおそれ（可能性）のある地盤を事前に確実に予測することができる軟弱地盤の長期沈下発生判定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

40

請求項1の発明は、自然堆積粘土のように構造が発達した粘性土地盤上に盛土を敷設して成る軟弱地盤の長期沈下抑制方法において、前記粘性土地盤上に盛土を敷設する前で、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に、該粘性土地盤中に柱状で鉛直な粒状体の杭を複数打設し、この各粒状体の杭の打設時の振動と粒状体の締め固めによる強制押し込みで前記粘性土地盤の構造を事前に低位化させ、練返し土に近づけることを特徴とする。

【0015】

請求項2の発明は、請求項1記載の軟弱地盤の長期沈下抑制方法であって、前記各粒状体の杭の直径を40cm以上としたことを特徴とする。

【0018】

50

請求項3の発明は、自然堆積粘土のように構造が発達した粘性土地盤上に盛土を敷設して成る軟弱地盤の長期沈下発生判定方法において、前記粘性土地盤の沈下は、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に発生することを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように、請求項1の発明によれば、粘性土地盤上に盛土を敷設する前で、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に、該粘性土地盤中に柱状で鉛直な粒状体の杭を複数打設し、この各粒状体の杭の打設時の振動と粒状体の締め固めによる強制押し込みで粘性土地盤の構造を事前に低位化させ、練返し土に近づけることにより、長期にわたって沈下のおそれのある粘性土地盤のみを事前に予測して地盤改良することができ、簡単な施工及び低コストで粘性土地盤の長期にわたる沈下をより確実に防止することができる。

10

【0023】

請求項2の発明によれば、各粒状体の杭の直径を40cm以上としたことにより、粘性土地盤を乱す効果が低い小径の工法を排除することができる。

【0026】

請求項3の発明によれば、粘性土地盤の沈下は、その圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に発生することにより、長期にわたって沈下のおそれのある粘性土地盤を事前により確実に予測することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0028】

図1は本発明の実施形態の軟弱地盤の長期沈下抑制方法により施工した地盤の断面図、図2(a)～図2(e)は同軟弱地盤の長期沈下抑制方法により施工する過程を順に示す説明図である。

【0029】

図1に示すように、軟弱地盤である自然堆積粘土地盤(粘性土地盤)10上には敷砂12を介して沈下のおそれの少ない良質な土砂等から成る盛土13を敷設してある。また、自然堆積粘土地盤10上に盛土13を敷設する前に、自然堆積粘土地盤10中には、図2に示すサンドドレーン工法により直径約40cmの柱状で鉛直な砂杭(粒状体の杭)11を複数打設してある。この砂杭11の打設は、自然堆積粘土地盤10の圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に行う。尚、これら圧縮指数比1.5の数値及び液性指数0.7の数値は、後述する軟弱地盤の長期沈下発生判定方法により事前に得られた数値を用いている。

30

【0030】

次に、図2(a)～図2(e)を用いてサンドドレーン工法による砂杭(サンドドレーン)の施工を順に説明する。

【0031】

まず、図2(a)に示すように、ケーシングパイプ20を自然堆積粘土地盤10上の所定の位置に据える。次に、図2(b)に示すように、振動機22を起振してケーシングパイプ20を振動させながら自然堆積粘土地盤10中に所定の深度までケーシングパイプ20を打ち込んで貫入する。この時、ケーシングパイプ20の先端は周囲地盤の土が入り込まないように閉じられた状態にしておく。次に、図2(c)に示すように、ケーシングパイプ20の上部に備えられたホッパー21からケーシングパイプ20内に砂(粒状体)Sを投入する。

40

【0032】

そして、図2(d)に示すように、ケーシングパイプ20を引き抜きながらケーシングパイプ20中の砂Sを排出し、地表面まで造成する。このケーシングパイプ20の貫入時

50

(打設時)に、ケーシングパイプ20の振動と砂Sの締め固めによる強制押し込みで自然堆積粘土地盤10の構造を低位化させ、練返し土に近づける。この練返し土に近づいた自然堆積粘土地盤を図1及び図2中符号10で示す。そして最後に、図2(e)に示すように、ケーシングパイプ20を地上まで引き抜くことにより砂杭11の造成が完了する。

【0033】

このサンドドレーン工法(軟弱地盤の長期沈下抑制方法)により施工した改良地盤及び施工をしない無改良地盤の時間(日)と沈下量(cm)の関係を図3に示す。尚、図3において、施工した改良地盤の沈下量のグラフをXで、施工をしない無改良地盤の沈下量のグラフをYでそれぞれ示す。

【0034】

図3に示すように、自然堆積粘土地盤10中に複数の砂杭11を打設して自然堆積粘土地盤10の構造を低位化させ、練返し土(10)に近づけた改良地盤では、供用後(1533日後)の沈下(x)はほとんど生じないのに対し、無改良地盤では、供用後に継続的な大沈下(y)が発生したことが判る。

【0035】

また、上記サンドドレーン工法(軟弱地盤の長期沈下抑制方法)により施工した改良地盤及び施工をしない無改良地盤の鉛直荷重(鉛直応力)と密度(間隙比)の関係を図4に示す。

【0036】

図4に示すように、無改良地盤の自然堆積粘土の地盤では、盛土荷重により図4中矢印で示す長期沈下の可能性があったが、自然堆積粘土地盤10中に複数の砂杭11を打設して自然堆積粘土地盤10の構造を低位化させ、練返し土(10)に近づけた改良地盤では、長期沈下の可能性が低いことが判る。

【0037】

このように、自然堆積粘土地盤10上に盛土13を敷設する前に、サンドドレーン工法の施工により自然堆積粘土地盤10中に柱状で鉛直な砂杭11を複数打設し、この各砂杭11の打設時のケーシングパイプ20の振動と砂Sの締め固めによる強制押し込みで自然堆積粘土地盤10の構造を低位化させ、練返し土(10)に近づけることにより、短時間かつ低コストで自然堆積粘土地盤10の長期にわたる沈下を確実に防止することができる。

【0038】

特に、自然堆積粘土地盤10の圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に上記施工を行うことにより、長期にわたって沈下のおそれのある自然堆積粘土地盤10のみを事前に予測して地盤改良することができ、自然堆積粘土地盤10中に砂杭11を打設するだけの簡単な施工により、低コストで自然堆積粘土地盤10の長期にわたる沈下をより確実に防止することができる。即ち、従来の軟弱地盤1中にコンクリート杭等の既製杭3を打設すると共に、既製杭3の杭頭部3aの周りの盛土2内に固化材を混合して硬化させた固化層4を構築する場合に比較して、工期を大幅に短縮することができると共に、その施工にかかるコストを大幅に削減することができ、簡単な施工で安価に自然堆積粘土地盤10の長期にわたる沈下をより確実に防止することができる。

【0039】

また、このようにして地盤改良された盛土13上に高速道路等を構築すれば、施工後数十年経過しても大きな沈下が発生しないため、アスファルト舗装のオーバーレイや路肩確保のための周辺補修費等の経費を大幅に削減することができる。

【0040】

さらに、上記サンドドレーン工法により自然堆積粘土地盤10中に複数打設される柱状で鉛直な砂杭11の直径を40cm以上とすれば、自然堆積粘土地盤10を乱す効果が低い小径の工法を排除することができる。

【0041】

10

20

30

40

50

次に、図5及び図6を用いて軟弱地盤である自然堆積粘土地盤の長期沈下発生判定方法について説明する。図5は本発明の実施形態の自然堆積粘土地盤の長期沈下発生判定方法に用いる自然含水比と圧縮指数比との関係を示す説明図、図6は同軟弱地盤の長期沈下発生判定方法に用いる液性指数と非排水せん断強さとの関係を示す説明図である。

【0042】

自然堆積粘土地盤（粘性土地盤）で長期沈下の発生が確認されたA～D現場（図5）及びE～Q現場（図6）の土質データをそれぞれ集めて調査した結果、自然堆積粘土地盤の長期にわたる沈下は、その圧縮指数比（ C_c / C_{cr} ）が1.5以上の場合とその液性指数（ I_L ）が0.7以上の場合の両方を満たす場合に発生することが判った。

【0043】

即ち、

〔数1〕

圧縮指数比 $C_c / C_{cr} > 1.5$

ここで、 C_c ：圧縮指数（図4における自然堆積粘土の勾配）、 C_{cr} ：圧縮指数（図4における練返し土の勾配）

また、

〔数2〕

液性指数 $I_L > 0.7$

この液性指数 I_L は、 $I_L = (w_n - w_p) / I_p$ 、 $I_p = w_l - w_p$ で表される。

【0044】

ここで、 w_n ：自然含水比、 w_l ：液性限界、 w_p ：塑性限界

このように、自然堆積粘土地盤の沈下は、その圧縮指数比が1.5以上（ $C_c / C_{cr} > 1.5$ ）の場合とその液性指数が0.7以上（ $I_L > 0.7$ ）の場合の両方を満たす場合に発生することが判った。これにより、長期にわたって沈下のおそれのある自然堆積粘土地盤を事前に簡単かつ確実に予測することができる。

【0045】

尚、前記実施形態によれば、軟弱地盤の圧縮指数比が1.5以上の場合とその液性指数が0.7以上の場合の両方を満たす場合に砂杭を複数打設して地盤改良したが、軟弱地盤の圧縮指数比が1.5以上の場合、或いは、その液性指数が0.7以上の場合にのみ、粘性土地盤中に柱状で鉛直な砂杭を複数打設し、この各砂杭の打設時の砂の締め固めによる強制押し込みで粘性土地盤の構造を低位化させ、練返し土に近づけるように地盤改良しても良い。また、軟弱地盤として自然堆積粘土地盤を用いた場合について説明したが、自然堆積粘土以外の粘性土地盤に前記実施形態を適用しても良いことは勿論である。さらに、杭材料として砂を用いて砂杭を造成した場合について説明したが、杭材料として碎石等を用いて碎石杭等を造成する場合に前記実施形態を適用しても良いことは勿論である。

【0046】

また、前記実施形態によれば、サンドドレーン工法により直径約40cmの砂杭を打設する場合について説明したが、サンドコンパクションパイル工法により直径約70cmの砂杭柱を打設しても良い。

【0047】

即ち、サンドコンパクションパイル工法による砂杭の施工を、図7(a)～図7(f)を用いて順に説明すると、まず、図7(a)に示すように、ケーシングパイプ20を自然堆積粘土地盤10上の所定の位置に据える。次に、図7(b)に示すように、振動機22を起振してケーシングパイプ20を振動させながら自然堆積粘土地盤10中に所定の深度までケーシングパイプ20を打ち込んで貫入する。この時、ケーシングパイプ20の先端は周囲地盤の土が入り込まないように閉じられた状態にしておく。次に、図7(c)に示すように、ケーシングパイプ20の上部に備えられたホッパー21からケーシングパイプ20内に砂Sを投入する。

【0048】

そして、図7(d)に示すように、ケーシングパイプ20を引き抜きながらケーシング

10

20

30

40

50

パイプ 20 中の砂 S を排出し、また、図 7 (e) に示すように、ケーシングパイプ 20 を再び貫入してケーシングパイプ 20 内に砂 S を投入し、ケーシングパイプ 20 の引き抜きと貫入を順次繰り返し行う。このケーシングパイプ 20 の貫入時 (打設時) に、ケーシングパイプ 20 の振動と砂 S の締め固めによる強制押し込みで自然堆積粘土地盤 10 の構造を低位化させ、練返し土に近づける。この練返し土に近づいた自然堆積粘土地盤を図 7 中符号 10 で示す。そして最後に、図 7 (f) に示すように、ケーシングパイプ 20 を地上まで引き抜くことにより大径の砂杭 11 の造成が完了する。

【図面の簡単な説明】

【 0049 】

【図 1】本発明の実施形態の軟弱地盤の長期沈下抑制方法により施工した地盤の断面図である。 10

【図 2】(a) ~ (e) は上記軟弱地盤の長期沈下抑制方法をサンドドレーン工法により施工する過程を順に示す説明図である。

【図 3】上記軟弱地盤の長期沈下抑制方法により施工した改良地盤及び施工をしない無改良地盤の時間と沈下量の関係を示す説明図である。

【図 4】上記軟弱地盤の長期沈下抑制方法により施工した改良地盤及び施工をしない無改良地盤の鉛直荷重 (鉛直応力) と密度 (間隙比) の関係を示す説明図である。

【図 5】本発明の実施形態の軟弱地盤の長期沈下発生判定方法に用いる自然含水比と圧縮指数比の関係を示す説明図である。

【図 6】上記軟弱地盤の長期沈下発生判定方法に用いる液性指数と非排水せん断強さの関係を示す説明図である。 20

【図 7】(a) ~ (f) は上記軟弱地盤の長期沈下抑制方法をサンドコンパクションパイプ工法により施工する過程を順に示す説明図である。

【図 8】(a) ~ (d) は従来の軟弱地盤の沈下を低減する過程を順に示す説明図である。

【符号の説明】

【 0050 】

10 自然堆積粘土地盤 (粘性土地盤)

10 練返し土

11 砂杭 (粒状体の杭)

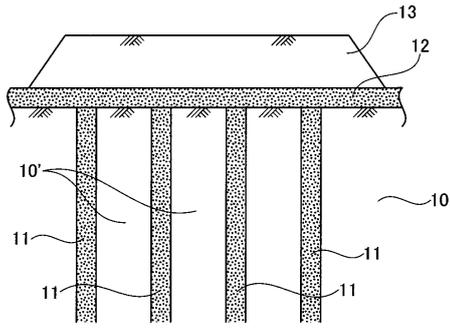
11 砂杭 (粒状体の杭)

13 盛土

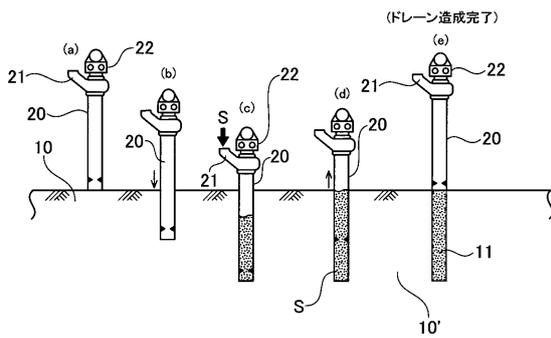
20 ケーシングパイプ

S 砂 (粒状体)

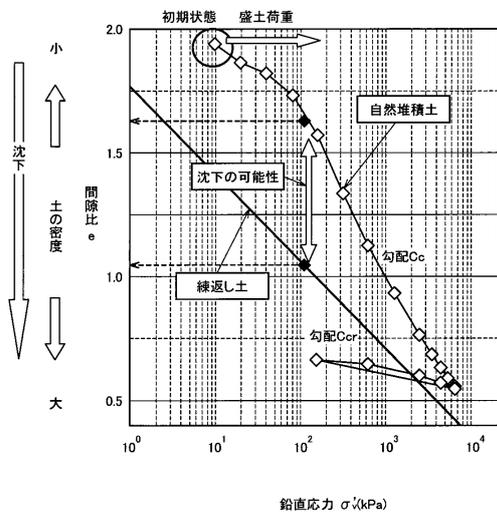
【図1】



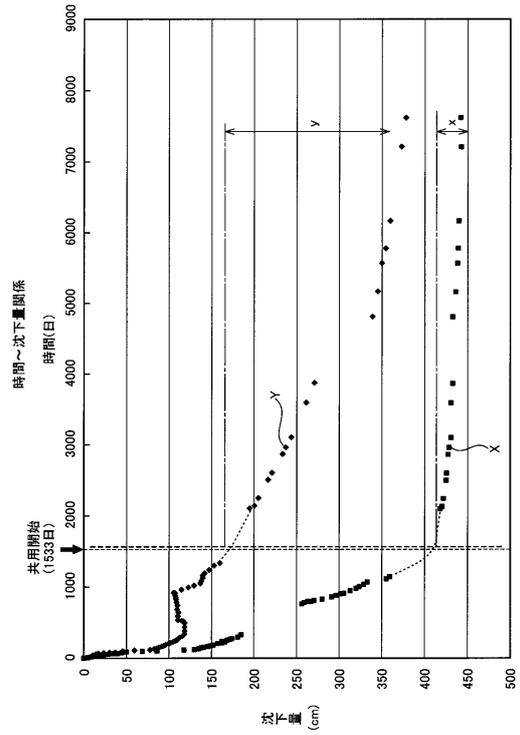
【図2】



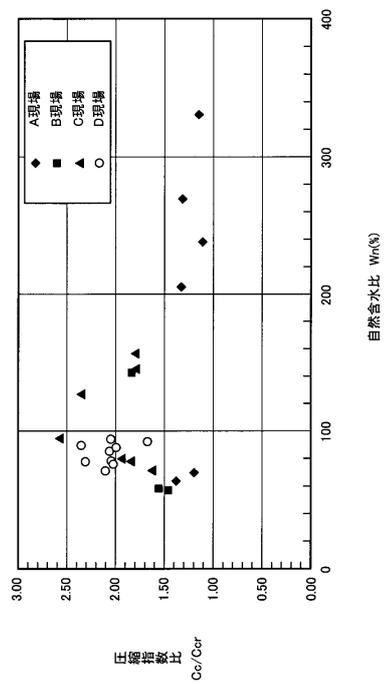
【図4】



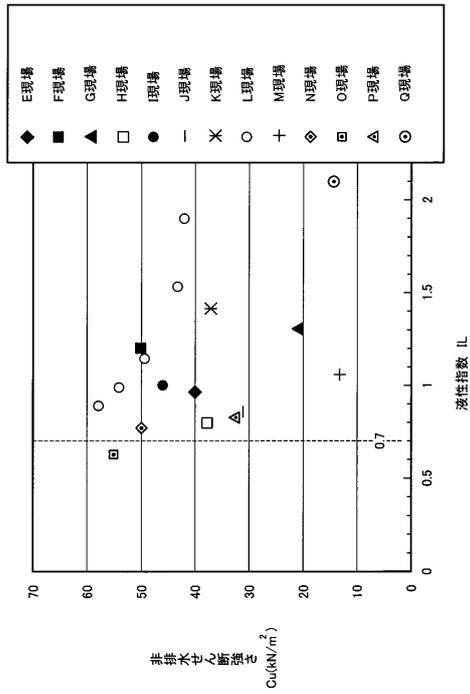
【図3】



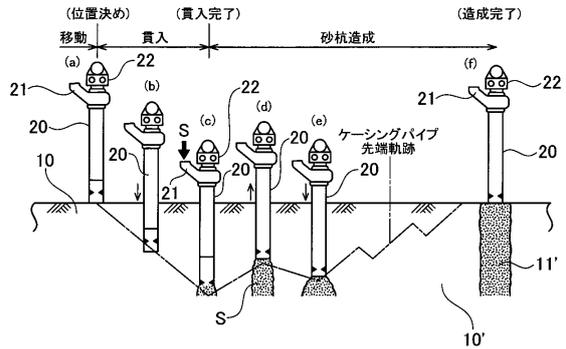
【図5】



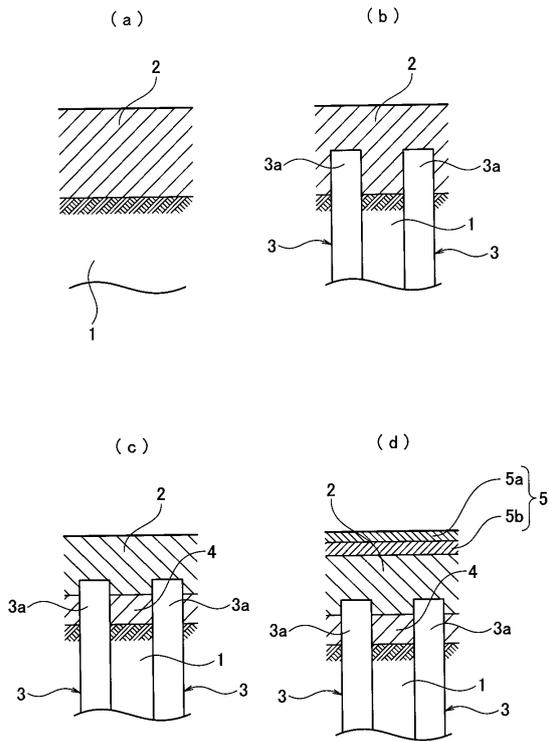
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(74)代理人 100095500

弁理士 伊藤 正和

(72)発明者 浅岡 顕

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 中野 正樹

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 野田 利弘

愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人名古屋大学内

(72)発明者 長尾 和之

北海道岩見沢市駒園8-8-1 東日本高速道路株式会社北海道支社岩見沢管理事務所内

(72)発明者 稲垣 太浩

石川県金沢市神野町東170 中日本高速道路株式会社金沢支社金沢管理事務所内

(72)発明者 野津 光夫

東京都中央区日本橋小網町6番1号 株式会社不動テトラ内

審査官 苗村 康造

(56)参考文献 土質工学会, 土質工学ハンドブック, 株式会社技報堂, 1968年10月31日, 3版, P.56, 135-137, 703, 705, 706, 708, 710, 716, 718, 719

山口柏樹, 土質力学, 技報堂出版株式会社, 1984年2月15日, 3版1刷, P.24-25, 108-109, 図-5.2

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E 0 2 D 3 / 0 8

E 0 2 D 2 7 / 2 6