

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5668976号
(P5668976)

(45) 発行日 平成27年2月12日(2015.2.12)

(24) 登録日 平成26年12月26日(2014.12.26)

(51) Int.Cl.

E02D 3/12 (2006.01)
E02D 27/34 (2006.01)

F 1

E O 2 D 3/12 1 O 2
E O 2 D 27/34 A
E O 2 D 27/34 Z

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-27392 (P2011-27392)	(73) 特許権者	504137912 国立大学法人 東京大学 東京都文京区本郷七丁目3番1号
(22) 出願日	平成23年2月10日(2011.2.10)	(73) 特許権者	000174943 三井住友建設株式会社 東京都中央区佃二丁目1番6号
(65) 公開番号	特開2011-196173 (P2011-196173A)	(74) 代理人	100089266 弁理士 大島 陽一
(43) 公開日	平成23年10月6日(2011.10.6)	(72) 発明者	山田 阜 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
審査請求日	平成25年12月11日(2013.12.11)	(72) 発明者	東畑 郁生 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
(31) 優先権主張番号	特願2010-41812 (P2010-41812)		
(32) 優先日	平成22年2月26日(2010.2.26)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】杭の配置方法および基礎構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに交差する X 軸および Y 軸を平面上に設定し、
前記 X 軸方向に d_1 の中心間距離をもつ m 列の点を前記 Y 軸方向に d_2 の中心間距離をもって n 列配置した複数の点の全てに配置した複数の杭を 1 つの杭群とし、

第 1 の杭群の中心から前記 X 軸方向へ $d_1 \times m$ および前記 Y 軸方向へ $d_2 \times 0.5$ 離れた点がその中心となるように第 2 の杭群を配置し、

前記第 1 の杭群の中心から前記 X 軸方向へ $d_1 \times 0.5$ および前記 Y 軸方向へ $d_2 \times n$ 離れた点がその中心となるように第 3 の杭群を配置することを特徴とする杭の配置方法。

【請求項 2】

前記第 2 の杭群および前記第 3 の杭群をそれぞれ前記第 1 の杭群と仮定して更に前記第 2 の杭群および前記第 3 の杭群を配置することを特徴とする、請求項 1 に記載の杭の配置方法。

【請求項 3】

前記第 2 の杭群を前記第 1 の杭群と仮定して更に前記第 3 の杭群を配置し、
前記第 2 の杭群の中心から前記 X 軸方向へ $d_1 \times m$ および前記 Y 軸方向へ $d_2 \times (-0.5)$ 離れた点がその中心となるように第 4 の杭群を配置し、
前記第 4 の杭群を前記第 1 の杭群と仮定して更に前記第 2 の杭群および前記第 3 の杭群を配置することを特徴とする、請求項 1 に記載の杭の配置方法。

【請求項 4】

10

20

前記第3の杭群を前記第1の杭群と仮定して更に前記第2の杭群を配置し、前記第3の杭群の中心から前記X軸方向へ $d_1 \times (-0.5)$ および前記Y軸方向へ $d_2 \times n$ 離れた点がその中心となるように第5の杭群を配置し、

前記第5の杭群を前記第1の杭群と仮定して更に前記第2の杭群および前記第3の杭群を配置することを特徴とする、請求項1または請求項3に記載の杭の配置方法。

【請求項5】

前記X軸と前記Y軸とが90度の角度をもって交差することを特徴とする、請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の杭の配置方法。

【請求項6】

前記 d_1 と前記 d_2 とが等しいことを特徴とする、請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の杭の配置方法。 10

【請求項7】

前記 m と前記 n とがともに2であることを特徴とする、請求項1～請求項6のいずれか一項に記載の杭の配置方法。

【請求項8】

X軸とY軸とが互いに交差する平面上において、前記X軸方向に d_1 の中心間距離をもつ m 列の点を前記Y軸方向に d_2 の中心間距離をもって n 列配置した複数の点の全てに配置された複数の杭によって1つの杭群が構成され、

第1の杭群の中心から前記X軸方向へ $d_1 \times m$ および前記Y軸方向へ $d_2 \times 0.5$ 離れた点がその中心となるように第2の杭群が配置され、 20

前記第1の杭群の中心から前記X軸方向へ $d_1 \times 0.5$ および前記Y軸方向へ $d_2 \times n$ 離れた点がその中心となるように第3の杭群が配置されたことを特徴とする基礎構造体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、杭の配置方法および複数の杭を備えた基礎構造体に係り、地盤の耐震補強としての深層混合処理工法に好適である。

【背景技術】

【0002】

従来、軟弱地盤や液状化地盤を改良するために、セメント系固化剤を搅拌混合して地盤を柱状に固化する深層混合処理工法が広く用いられている。深層混合処理工法は、施工中の振動や騒音が少ないとから、市街地での施工や既設構造物に近接する施工に対する適用性の高さが評価されている。深層混合処理工法の改良形式としては、図16(A)に示すような独立した複数の杭2を連続配置した正方形の頂点に配置する整列配置や、図16(B)に示すような独立した複数の杭2を、合同な2つの正三角形を組み合わせて連続配置した斜方形の頂点に配置する千鳥配置等の杭式改良の他、図16(C)に示すように、各列に配置された杭2をオーバーラップした状態で連設することで壁状の改良体を形成する壁式改良、図16(D)に示すように、壁状の改良体を正方格子状に配置した格子式改良、および地盤全体を改良するブロック式改良が知られている。これら改良形式の間では、地盤の支持力向上や地盤の液状化防止などの改良効果は、ブロック式改良が最も高く、杭式改良が最も低いとされている。 30

【0003】

杭式改良の特徴は、杭のオーバーラップ部がないため、施工効率が良く、地下の既設構造物に対しても杭の配置を工夫することにより柔軟に対応した施工が可能であることである。一方、格子式改良やブロック式改良は、壁式改良を発展させた或いは壁式改良を行ったものであり、壁式改良よりも改良体のオーバーラップ部が多く、施工効率が悪くなる特徴を有する。また、既設の地下構造物が存在する場合にはこれら形式の施工は困難となる。他方、格子式改良は、格子状の改良体の内部に未改良土を存置するためブロック式改良に比べて改良率(改良対象地盤の体積に対する改良体の体積の比率)は低くなるが、改良体が地震時のせん断変形を抑制することによって液状化を効果的に防止し得る。その 40

ため、液状化対策として深層混合処理で地盤改良を行う場合、ブロック式または格子式を適用するのが一般的である。

【0004】

しかし、ブロック式や格子式の深層混合処理工法は、改良効果が高い反面、改良率が高くなつて材料コストが上昇する。そこで、改良対象区域の外周に沿つて深層混合処理工法による壁状の改良体を環状に形成し、壁状の改良体に囲繞された改良対象区域内に、硬化の際に膨張するセメント系材料を用いて深層混合処理工法による杭式改良を行う液状化対策工法（特許文献1参照）なども提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特許第3624514号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記載の液状化対策工法では、ブロック式や格子式に比べれば改良率を低減できるが、硬化の際に膨張するセメント系材料を用いるため、通常のセメントを用いた場合に比べて材料コストが上昇する。また、対象区域内に既設の地下構造物が存在する場合には、セメント系材料の膨張によって地下構造物が水平方向の力を受けるため、適用自体が困難である。一方、杭式改良においても、改良効果を高めるために杭のピッチを狭めることが考えられるが、この方法を採った場合には改良率の上昇と共に材料コストも上昇する。

20

【0007】

本発明は、このような背景に鑑みなされたもので、高価な材料を用いたり改良率を上昇させたりすることなく改良効果を高めることのできる杭の配置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】

【0008】

30

上記課題を解決するために、本発明に係る杭（2）の配置方法は、互いに交差するX軸およびY軸を平面上に設定し、X軸方向にd1の中心間距離をもつてm列配置するとともに、Y軸方向にd2の中心間距離をもつてn列配置した複数の杭（2）を1つの杭群（P）とし、第1の杭群（P（n, n））の中心（C（n, n））からX軸方向へd1×mおよびY軸方向へd2×0.5離れた点がその中心（C（n+1, n））となるように第2の杭群（P（n+1, n））を配置し、第1の杭群（P（n, n））の中心からX軸方向へd1×0.5およびY軸方向へd2×n離れた点がその中心（C（n, n+1））となるように第3の杭群（P（n, n+1））を配置し、第2の杭群および第3の杭群をそれぞれ第1の杭群と仮定して更に第2の杭群および第3の杭群を配置することを特徴とする。なお、mおよびnは自然数であり、複数の杭で1つの杭群を構成すべく、m×nは2以上となる。

【0009】

40

また、上記課題を解決するために、本発明に係る基礎構造体（1）は、X軸とY軸とが互いに交差する平面上において、X軸方向にd1の中心間距離をもつてm列配置されるとともに、Y軸方向にd2の中心間距離をもつてn列配置された複数の杭（2）によって1つの杭群（P）が構成され、第1の杭群（P（n, n））の中心（C（n, n））からX軸方向へd1×mおよびY軸方向へd2×0.5離れた点がその中心（C（n+1, n））となるように第2の杭群（P（n+1, n））が配置され、第1の杭群（P（n, n））の中心（C（n, n））からX軸方向へd1×0.5およびY軸方向へd2×n離れた点がその中心（C（n, n+1））となるように第3の杭群（P（n, n+1））が配置され、第2の杭群および第3の杭群をそれぞれ第1の杭群と仮定したときに第2の杭群および第3の杭群が配置される位置に更に杭群が配置されたことを特徴とする。

50

【0010】

本発明によれば、各群の中心が平面格子の格子点となるようにすることで、一定の規則性をもって杭を配置しつつ、あたかも無作為に配置したように杭を配置することができる。そして、杭を所定の軸方向に配列する杭式改良による地盤改良では、杭列間に存在する未改良領域が列方向に延在することが地盤の液状化を効果的に防止できない理由と考えられるが、この問題に対して本発明では、第2の杭群の杭が第1の杭群のX軸方向に沿う杭列の中間線上に配置されるため、X軸方向に沿う杭列間の未改良領域の長さが短くなる。また、第3の杭群の杭が第1の杭群のY軸方向に沿う杭列の中間線上に配置されるため、Y軸方向に沿う杭列間の未改良領域の長さも短くなる。そのため、同じ改良率であっても、通常の方法で杭を配置した杭式改良に比べて改良効果を高くすることができる。

10

【0011】

また、上記した杭の配置方法および基礎構造体においては、第2の杭群の中心からX軸方向へ $d_1 \times m$ およびY軸方向へ $d_2 \times (-0.5)$ 離れた点がその中心となるように第4の杭群を配置するようにしたり、第3の杭群の中心からX軸方向へ $d_1 \times (-0.5)$ およびY軸方向へ $d_2 \times n$ 離れた点がその中心となるように第5の杭群を配置するようにしたりすることができる。このような配置としても、通常の方法で杭を配置した杭式改良に比べて同じ改良率で改良効果を高くすることができる。

【0012】

また、上記した杭の配置方法および基礎構造体においては、X軸方向とY軸方向とが90度の角度をもって交差するようにしたり、 d_1 と d_2 とが等しくなるようにしたり、 m と n とがともに2であるようにしたりするとよい。このようにすることにより、施工を容易にし、改良効果を効果的に高めることができる。

20

【発明の効果】

【0013】

このように本発明によれば、高価な材料を用いたり改良率を高めたりすることなく改良効果を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1実施形態に係る基礎構造体の断面図

30

【図2】第1実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図3】第1実施形態に係る杭の配置による作用効果の説明図

【図4】第1実施形態に係る杭の配置による効果を示すグラフ

【図5】第2実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図6】第2実施形態に係る杭の配置による作用効果の説明図

【図7】第3実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図8】第4実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図9】第4実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図10】第5実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図11】第6実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図12】第7実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

40

【図13】第7実施形態に係る杭の配置による作用効果の説明図

【図14】第8実施形態に係る杭の配置方法による杭伏図

【図15】第8実施形態に係る杭の配置による作用効果の説明図

【図16】従来技術に係る杭の配置例を示す杭伏図

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明に係る杭の配置方法について図面を参照しながら説明する。

【0016】

第1実施形態

図1に示すように、本実施形態の配置方法によって杭を配置した基礎構造体1は、軟弱

50

な地盤 G に構築された複数の杭 2 と、複数の杭 2 をその杭頭で連結するように地盤 G の上部に板状に構築された改良層 3 とからなる。各杭 2 は、深層混合処理工法によって造成される。深層混合処理工法としては、機械攪拌方式、高圧噴射方式および機械攪拌併用型高圧噴射方式のいずれを用いてもよく、固化材には、普通ポルトランドセメントや高炉セメント、セメント系固化材、石灰系固化材、或いはこれに添加剤を加えたものなど、一般的に使用されているものを用いればよい。本実施の形態では、1つの軸方向に沿って d の中心間距離をもって等間隔に配置された複数の杭 2 のうち、隣接する 2 本の杭 2 が図示の断面に現れ、これに隣接する 2 本の杭 2 は図示の断面に現れない配置となっている。改良層 3 は、流動化処理土を固化させた固化処理層や、杭 2 と同様に地盤 G に固化材を攪拌させて地盤 G を固化させた固化処理層、碎石等を締め固めたもの等を適用することができ、全ての杭 2 の杭頭を連結することで地震時などにおける各杭 2 の倒れを防止する機能を果たし、液状化の防止にも寄与する。

【 0 0 1 7 】

次に、本実施形態の杭 2 の配置方法について図 2 を参照して説明する。まず、改良対象となる地盤 G の平面上に任意の X 軸と、X 軸に 90 度の角度をもって交差する Y 軸とを設定する。そして、任意に設定した点 p 1 に杭 2 を配置するとともに、点 p 1 から X 軸方向へ d の距離をもつ点 p 2 、点 p 1 から Y 軸方向へ d の距離をもつ点 p 3 、および点 p 2 から Y 軸方向へ d の距離をもつ（点 p 3 から X 軸方向へ d の距離をもつ）点 p 4 に杭 2 を配置し、これら 4 本の杭 2 を 1 つの杭群 P とする。すなわち、d の中心間距離をもって X 軸方向に 2 列配置するとともに、d の中心間距離をもって Y 軸方向に 2 列配置した 4 本の杭 2 から 1 つの杭群 P を構成する。

【 0 0 1 8 】

次に、杭群 P の中心、すなわち点 p 1 、点 p 2 、点 p 4 および点 p 3 を順に結んで形成される正方形の中心を群中心 C とする。そして、1 つの杭群 P に対し、略 X 軸方向に別の杭群 P を隣接配置するとともに、略 Y 軸方向に別の杭群 P を隣接配置する。なお、ここで云う「略」については後に説明する。以下、各杭群 P および各群中心 C については、配置に応じた特定を行えるように、図中では、符号 P および C の後に括弧書きで略 X 軸方向、略 Y 軸方向への配列番号を示す数字を付して、例えば、基準となる杭群 P を杭群 P (1 , 1) と記し、その略 X 軸方向に隣接配置した杭群 P を杭群 P (2 , 1) と記し、その略 Y 軸方向に隣接配置した杭群 P を杭群 P (1 , 2) と記す。また、本説明では、任意の杭群 P を第 1 の杭群 P (n , n) と称し、任意の杭群 P に対して略 X 軸方向に隣接配置した杭群 P を第 2 の杭群 P (n + 1 , n) と称し、任意の杭群 P に対して略 Y 軸方向に隣接配置した杭群 P を第 3 の杭群 P (n , n + 1) と称して説明する。

【 0 0 1 9 】

上記各杭群 P の配置は、具体的には以下のように行う。まず、第 1 の杭群 P (n , n) の群中心 C (n , n) から X 軸方向へ d × 2 (列) の距離、および Y 軸方向へ d × 0 . 5 の距離だけ離れた点がその群中心 C (n + 1 , n) となるように、第 2 の杭群 P (n + 1 , n) を構成する 4 本の杭 2 を各点 p 1 ~ p 4 に配置する。このような所定の規則に則った杭群 P の配置方向を、本説明では「略 X 軸方向」と称する。また、第 1 の杭群 P (n , n) の群中心 C (n , n) から Y 軸方向へ d × 2 (列) の距離、および X 軸方向へ d × 0 . 5 の距離だけ離れた点がその群中心 C (n , n + 1) となるように、第 3 の杭群 P (n , n + 1) を構成する 4 本の杭 2 を各点 p 1 ~ p 4 に配置する。このような所定の規則に則った杭群 P の配置方向を、本説明では「略 Y 軸方向」と称する。

【 0 0 2 0 】

この手順で、すべての杭群 P を第 1 の杭群 P (n , n) と仮定したうえで、略 X 軸方向に隣接する第 2 の杭群 P (n + 1 , n) および略 Y 軸方向に隣接する第 3 の杭群 P (n , n + 1) を配置する。すると、第 2 の杭群 P (n + 1 , n) に対して略 Y 軸方向に隣接配置した杭群 P (n + 1 , n + 1) の群中心 C (n + 1 , n + 1) と、第 3 の杭群 P (n , n + 1) に対して略 X 軸方向に隣接配置した杭群 P (n + 1 , n + 1) の群中心 C (n + 1 , n + 1) とは、ともに第 1 の杭群 P (n , n) の群中心 C (n , n) から X 軸方向へ d

10

20

30

40

50

$\times 2.5$ の距離、および Y 軸方向へ $d \times 2.5$ の距離だけ離れた位置にくることとなり、互いに一致する。つまり、各杭群 P の群中心 C が平面格子の格子点となり、略 X 軸方向に 2 群および略 Y 軸方向に 2 群の合計 4 群の杭群 P が重複しながら繰り返し現れる。このようにすべての杭群 P について上記手順を行って順次 4 本の杭 2 を点 p1 ~ p4 に配置することで、一定の規則に則りつつ地盤 G の改良対象区域のすべてに杭 2 をあたかも無作為に配置したように配置することができる。なお、改良対象区域の外周縁近傍では、杭 2 の配置を適宜調整してもよい。

【0021】

このようにして杭 2 を配置した基礎構造体 1 では、図 3 に示すように、第 1 の杭群 P (n, n) のそれぞれにおいて、隣接する杭群 P 間および各杭群を構成する杭列の間に X 軸方向に延在する未改良領域 A x 0, A x 1 および Y 軸方向に延在する未改良領域 A y 0, A y 1 が生じるが、近接配置された 6 つの杭群 P (P (n + 1, n), P (n - 1, n) 10 、P (n, n + 1), P (n, n - 1), P (n + 1, n - 1), P (n - 1, n + 1)) を構成する杭 2 が、未改良領域 A x 0, A x 1, A y 0, A y 1 の延在を阻止するよう未改良領域 A x 0, A x 1, A y 0, A y 1 の幅方向の中心に配置されるため、これら未改良領域 A x 0, A x 1, A y 0, A y 1 の長さが短くなる。これにより、基礎構造体 1 は、通常の方法で杭 2 を配置した同じ改良率の杭式の基礎構造体に比べて改良効果を高めることができる。

【0022】

なお、本願発明者らは、本実施形態に係る配置方法によって杭 2 を配置した基礎構造体 1 と、同じ改良率となるように図 16 (B) のような連続する正三角形の各頂点に杭を配置した基礎構造体とについて、地震が発生したときの地盤 G の流動化状態を調べるためのモデル実験を行った。なお、改良対象区域は岸壁際とし、所定の加速度で地盤 G を振動させたときに海側へ移動する岸壁 (矢板) の変位量を計測することで地盤 G の流動化度の指標とした。その結果を図 4 に示す。グラフに示すように、入力加速度の大小に拘わらず、本実施形態に係る杭の配置方法による基礎構造体が従来の基礎構造体に比べて地盤の流動化を効果的に抑制することができる。

【0023】

第 2 実施形態

次に、図 5 および図 6 を参照して本発明の第 2 実施形態について説明する。なお、第 1 実施形態と同一または同様の部材などには同じ符号を付し、第 1 実施形態と異なる点について重点的に説明する。以下の実施形態においても同様とする。

【0024】

上記第 1 実施形態では、X 軸方向に 2 列、Y 軸方向に 2 列配置された 4 本の杭 2 によって 1 つの杭群 P が構成されるのに対し、本実施形態では図 5 に示すように、X 軸方向に 3 列、Y 軸方向に 3 列配置された 9 本の杭 2 によって 1 つの杭群 P が構成される。そして、各杭群 P を配置するに際しては、まず、任意の位置に第 1 の杭群 P (n, n) を配置し、その群中心 C (n, n) から X 軸方向へ $d \times 3$ (列) の距離、および Y 軸方向へ $d \times 0.5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n + 1, n) となるように、略 X 軸方向に第 2 の杭群 P (n + 1, n) を隣接配置する。また、第 1 の杭群 P (n, n) の群中心 C (n, n) から Y 軸方向へ $d \times 3$ (列) の距離、および X 軸方向へ $d \times 0.5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n, n + 1) となるように、略 Y 軸方向に第 3 の杭群 P (n, n + 1) 40 を隣接配置する。このような手順で、各杭群 P を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して順次略 X 軸方向および略 Y 軸方向に第 2 の杭群 P (n + 1, n) および第 3 の杭群 P (n, n + 1) を隣接配置する。

【0025】

このように杭 2 を配置した基礎構造体 1 であっても、一定の規則性をもたせつつ杭 2 をあたかも無作為に配置したように配置することができ、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。つまり、図 6 に示すように、隣接する杭群 P 間および各杭群を構成する杭列の間に X 軸方向に延在する未改良領域 A x 0 ~ A x 2 および Y 軸方向に延在する未改良

10

20

30

40

50

領域 A y 0 ~ A y 2 が生じるが、近接配置された 6 つの杭群 P を構成する杭 2 が未改良領域 A x 1 , A x 2 の幅方向の中心に配置されるため、これら未改良領域 A x , A y の長さが短くなる。これにより、基礎構造体 1 は、通常の方法で杭 2 を配置した同じ改良率の杭式の基礎構造体に比べてその改良効果を高めることができる。

【 0 0 2 6 】

第 3 実施形態

次に、図 7 を参照して本発明の第 3 実施形態について説明する。本実施形態では、X 軸方向に 3 列、Y 軸方向に 2 列配置された 6 本の杭 2 よって 1 つの杭群 P が構成される。そして、各杭群 P を配置するに際しては、まず、任意の位置に第 1 の杭群 P (n , n) を配置し、その群中心 C (n , n) から X 軸方向へ $d \times 3$ (列) の距離、および Y 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n + 1 , n) となるように、第 2 の杭群 P (n + 1 , n) を略 X 軸方向に隣接配置する。また、第 1 の杭群 P (n , n) の群中心 C (n , n) から Y 軸方向へ $d \times 2$ (列) の距離、および X 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n , n + 1) となるように、第 3 の杭群 P (n , n + 1) を略 Y 軸方向に隣接配置する。このように杭 2 を配置した基礎構造体 1 であっても、上記各実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

第 4 実施形態

次に、図 8 および図 9 を参照して本発明の第 4 実施形態について説明する。本実施形態では、X 軸方向および Y 軸方向のどちらか一方に 1 列、どちらか他方に 2 列配置された 2 本の杭 2 よって 1 つの杭群 P が構成される。図 8 に示す杭 2 が X 軸方向に 2 列配置された形態の場合、第 1 の杭群 P (n , n) に対し、その群中心 C (n , n) から X 軸方向へ $d \times 2$ (列) の距離、および Y 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n + 1 , n) となるように、第 2 の杭群 P (n + 1 , n) を配置し、その群中心 C (n , n) から Y 軸方向へ $d \times 1$ (列) の距離、および X 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけ離れた点がその群中心 C (n , n + 1) となるように、第 3 の杭群 P (n , n + 1) を配置する。一方、図 9 に示す杭 2 が Y 軸方向に 2 列配置された形態の場合、第 1 の杭群 P (n , n) に対し、X 軸方向へ $d \times 1$ (列) の距離、および Y 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけずらした位置に第 2 の杭群 P (n + 1 , n) を配置し、Y 軸方向へ $d \times 2$ (列) の距離、および X 軸方向へ $d \times 0 . 5$ の距離だけずらした位置に第 3 の杭群 P (n , n + 1) を配置する。このように杭 2 を配置した基礎構造体 1 であっても、上記各実施形態と同様の効果を得ることができる。なお、このように 1 つの杭群 P において X 軸方向および Y 軸方向のどちらか一方に 1 列しか杭 2 を配置しない場合、複数の杭 2 で 1 つの杭群 P を構成するためには、X 軸方向および Y 軸方向のどちらか他方には杭 2 を 2 列以上に配置する必要がある。

【 0 0 2 8 】

第 5 実施形態

次に、図 10 を参照して本発明の第 5 実施形態について説明する。上記各実施形態では、X 軸方向および Y 軸方向にともに d の中心間距離をもって配列された複数の杭 2 によって 1 つの杭群 P が構成されるが、本実施形態では、X 軸方向には d_1 の中心間距離をもって、Y 軸方向には d_1 よりも大きな d_2 の中心間距離をもって配列された複数の杭 2 によって 1 つの杭群 P が構成される。本実施形態では X 軸方向および Y 軸方向ともに 2 列の杭 2 を配置した杭群 P の配置手順について説明するが、上記第 2 ~ 第 4 実施形態のような列数にしてもよい。本実施形態では、第 1 の杭群 P (1 , 1) に対し、X 軸方向へ $d_1 \times 2$ (列) の距離、および Y 軸方向へ $d_2 \times 0 . 5$ の距離だけずらした位置に第 2 の杭群 P (n + 1 , n) を配置し、Y 軸方向へ $d_2 \times 2$ (列) の距離、および X 軸方向へ $d_1 \times 0 . 5$ の距離だけずらした位置に第 3 の杭群 P (n , n + 1) を配置する。このような配置によっても、上記同様の効果が奏される。なお、第 2 の杭群 P (n + 1 , n) に対して略 Y 軸方向に隣接配置した杭群 P (n + 1 , n + 1) の群中心 C (n + 1 , n + 1) と、第 3 の杭群 P (n , n + 1) に対して略 X 軸方向に隣接配置した杭群 P (n + 1 , n + 1) の群中心 C (n + 1 , n + 1) とは、ともに第 1 の杭群 P (n , n) の群中心 C (n , n) か

10

20

30

40

50

ら X 軸方向へ $d 1 \times 2 . 5$ の距離、および Y 軸方向へ $d 2 \times 2 . 5$ の距離だけ離れた位置となり、各杭群 P はその群中心 C を格子点とした平面格子の配置となる。

【 0 0 2 9 】

第 6 実施形態

次に、図 1 1 を参照して本発明の第 6 実施形態について説明する。上記各実施形態では、X 軸と Y 軸とが 90 度の開き角度をなしているが、本実施形態では、X 軸と Y 軸とが 90 度よりも大きな開き角度をなしている。各杭群 P の配置手順は第 1 実施形態と同様である。このように杭 2 を配置した基礎構造体 1 であっても、上記各実施形態と同様の効果を得ることができる。なお、X 軸と Y 軸とを 90 度よりも小さな開き角度とすることも可能であるが、この場合、第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) の点 p 3 に配置される杭 2 と、第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) の点 p 2 に配置される杭 2 との杭間距離が、他の箇所よりも短くなる傾向にあるので、X 軸と Y 軸との開き角度を 90 度以外の角度にする場合には、90 度よりも大きな角度に設定するの好ましい。10

【 0 0 3 0 】

第 7 実施形態

次に、図 1 2 および図 1 3 を参照して本発明の第 7 実施形態について説明する。本実施形態では、第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) に対して略 X 軸方向に更なる杭群 P を配置する際に、第 1 ~ 第 6 実施形態のように第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して更に第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) を配置するのではなく、図 1 2 に示すように、第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) の中心から X 軸方向へ $d 1 \times m$ および Y 軸方向へ $d 2 \times (-0.5)$ 離れた点がその中心となるように第 4 の杭群 P ($n + 2, n$) を配置する。20

【 0 0 3 1 】

なお、第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) に対して略 Y 軸方向に更なる杭群 P を配置する際には、第 1 ~ 第 6 実施形態と同様に、第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) を配置する。また、第 4 の杭群 P ($n + 2, n$) に対して略 X 軸方向および略 Y 軸方向に更なる杭群 P を配置する際にも、第 1 ~ 第 6 実施形態と同様に、第 4 の杭群 P ($n + 2, n$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して更に第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) および第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) を配置する。

【 0 0 3 2 】

このような手順で、杭群 P を略 X 軸方向および略 Y 軸方向に隣接配置すると、第 1 の杭群 P (n, n) に対して略 X 軸方向に 2 群目かつ略 Y 軸方向に 1 群目の杭群 P ($n + 2, n + 1$) が、第 1 の杭群 P (n, n) の群中心 C (n, n) から X 軸方向へ $d \times 4 . 5$ の距離、および Y 軸方向に $d \times 2$ の距離だけ離れた位置にくることになる。つまり、これら略 X 軸方向に 3 群および略 Y 軸方向に 2 群の合計 6 群の杭群 P が重複しながら繰り返し現れる杭配置となる。30

【 0 0 3 3 】

杭 2 をこのように配置することにより、一定の規則に則りつつ、地盤 G の改良対象区域のすべてに杭 2 をあたかも無作為に配置したように配置することができ、上記実施形態と同様の効果を得ることができる。つまり、杭群 P (2, 2) の配置を代表例とした図 1 3 に示すように、隣接する杭群 P 間および杭群 P を構成する杭列の間に X 軸方向に延在する未改良領域 $A \times 0, A \times 1$ および Y 軸方向に延在する未改良領域 $A y 0, A y 1$ が生じるが、近接配置された 6 つの杭群 P を構成する杭 2 が未改良領域 $A x, A y$ の幅方向の中心に配置されるため、これら未改良領域 $A x, A y$ の長さが短くなる。これにより、通常の方法で杭 2 を配置した同じ改良率の杭式の基礎構造体に比べて基礎構造体 1 の改良効果を高めることができる。40

【 0 0 3 4 】

第 8 実施形態

最後に、図 1 4 および図 1 5 を参照して本発明の第 8 実施形態について説明する。本実施形態では、図 1 4 に示すように、第 7 実施形態と同様に第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) に対して略 X 軸方向に更なる杭群 P を配置する際に、上記所定の規則に則って第 4 の杭群 P

10

20

30

40

50

($n + 2, n$) を配置することに加え、第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) に対して略 Y 軸方向に更なる杭群 P を配置する際にも、第 1 ~ 第 6 実施形態のように第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定するのではなく、第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) の群中心 C ($n, n + 1$) から X 軸方向へ $d_1 \times (-0.5)$ および Y 軸方向へ $d_2 \times n$ 離れた点がその中心となるように第 5 の杭群 P ($n, n + 2$) を配置する。

【0035】

なお、第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) に対して略 X 軸方向に更なる杭群 P を配置する際に 10 は、第 1 ~ 第 6 実施形態と同様に、第 3 の杭群 P ($n, n + 1$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) を配置する。また、第 5 の杭群 P ($n, n + 2$) に対して略 X 軸方向および略 Y 軸方向に更なる杭群 P を配置する際にも、第 1 ~ 第 6 実施形態と同様に、第 5 の杭群 P ($n, n + 2$) を第 1 の杭群 P (n, n) と仮定して更なる杭群 P (第 2 の杭群 P ($n + 1, n$) および第 3 の杭群 P ($n, n + 1$)) を配置する。

【0036】

このような手順で、杭群 P を略 X 軸方向および略 Y 軸方向に隣接配置すると、第 1 の杭群 P (n, n) に対して略 X 軸方向に 2 群目かつ略 Y 軸方向に 2 群目の杭群 P ($n + 2, n + 2$) が、第 1 の杭群 P (n, n) の群中心 C (n, n) から X 軸方向へ $d \times 4$ の距離、および Y 軸方向に $d \times 4$ の距離だけ離れた位置にくることになり、これら略 X 軸方向に 3 群および略 Y 軸方向に 3 群の合計 9 群の杭群 P が繰り返し現れる杭配置となる。

【0037】

杭 2 をこのように配置しても、一定の規則に則りつつ、地盤 G の改良対象区域のすべてに杭 2 をあたかも無作為に配置したように配置することができる。そして、杭群 P (2, 2) の配置を代表例とした図 15 に示すように、第 7 実施形態と同様の効果、つまり、隣接する杭群 P 間および杭群 P を構成する杭列の間に生じた未改良領域 A × 0, A × 1 および未改良領域 A y 0, A y 1 が、X 軸方向に延在することおよび Y 軸方向に延在することを近接配置された 6 つの杭群 P の杭 2 によって阻止され、その長さが短くなることにより、通常の方法で杭 2 を配置した同一改良率の杭式基礎構造体に比べて改良効果を高める効果を得ることができる。

【0038】

なお、第 7 実施形態および第 8 実施形態についても、上記第 1 実施形態の変形形態として示した第 2 および第 3 実施形態のように（図 5 および図 7 参照）、X 軸方向に 3 列、Y 軸方向に 3 列配置した 9 本の杭 2 によって、或いは X 軸方向に 3 列、Y 軸方向に 2 列配置した 6 本の杭 2 よって 1 つの杭群 P を構成したり、第 5 および第 6 実施形態のように（図 10 および図 11 参照）、杭 2 の中心間距離を X 軸方向と Y 軸方向とで異ならせ、或いは X 軸と Y 軸との開き角度を 90 度以外の角度に設定したりすることも当然に可能である。また、第 7 実施形態および第 8 実施形態について、第 4 実施形態のように（図 8 および図 9 参照）各杭群 P における杭 2 の配列数を X 軸方向または Y 軸方向について 1 列とすることも可能である。なお、第 7 実施形態による配置方法に対して杭群 P における Y 方向への杭 2 の配列数を 1 にした場合には、第 1 実施形態による配置方法の場合（図 8）と全く同一の杭配置となる。

【0039】

以上で具体的実施形態についての説明を終えるが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲であれば適宜変更可能である。例えば、上記実施形態では深層混合処理工法を用いた杭の配置について説明したが、軟弱地盤および液状化地盤の改良効果を得られるのでれば杭の種類はこれに限られず、場所打ちコンクリート杭や打込み杭、埋込み杭等であってもよい。

【符号の説明】

【0040】

- 1 基礎構造体
- 2 杭

10

20

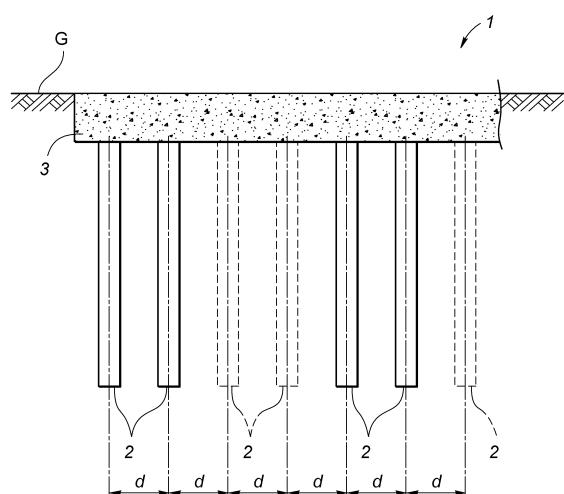
30

40

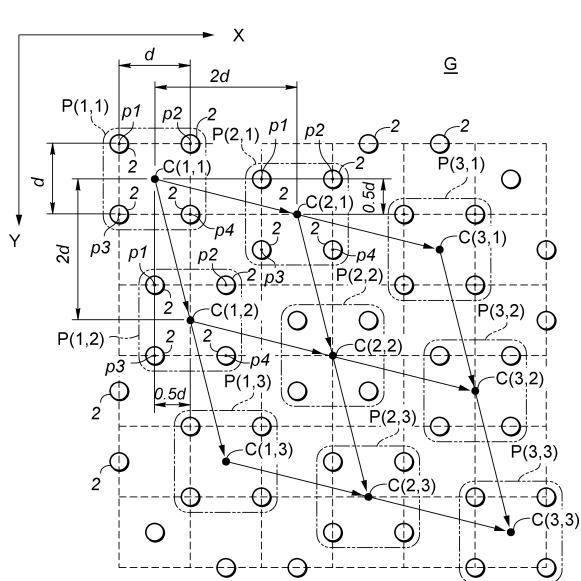
50

3 改良層
 p 点
 P 杭群
 C 群中心
 A x, A y 未改良領域

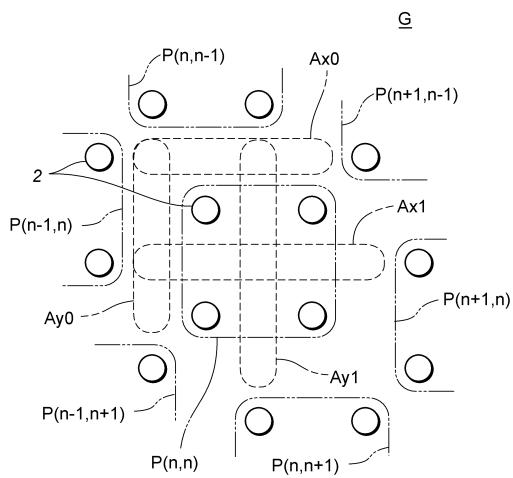
【図1】



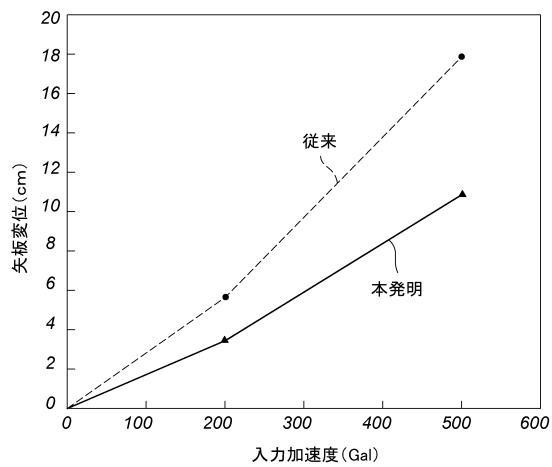
【図2】



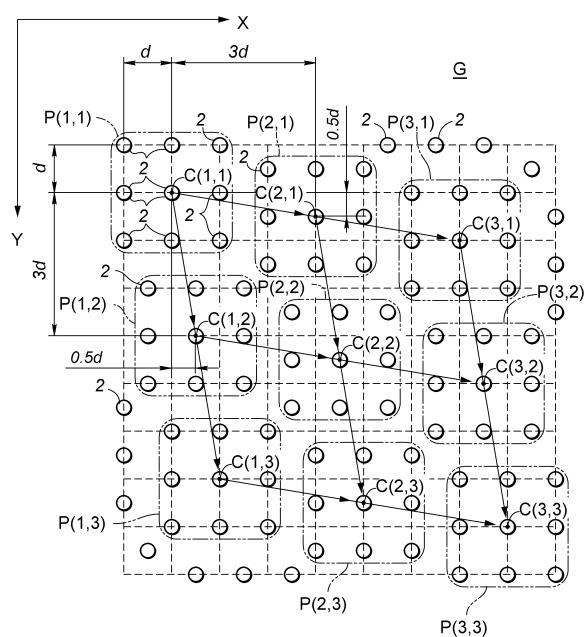
【図3】



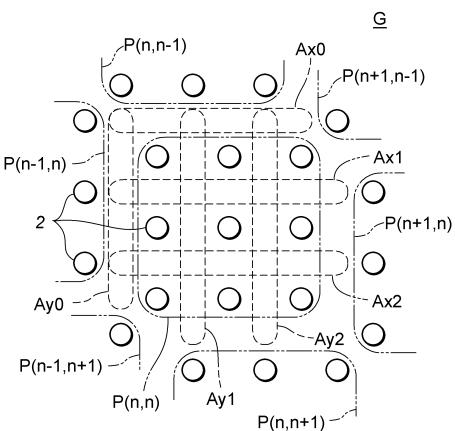
【図4】



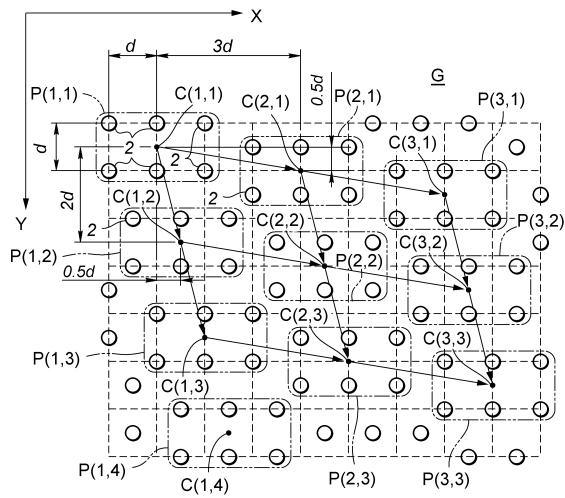
【図5】



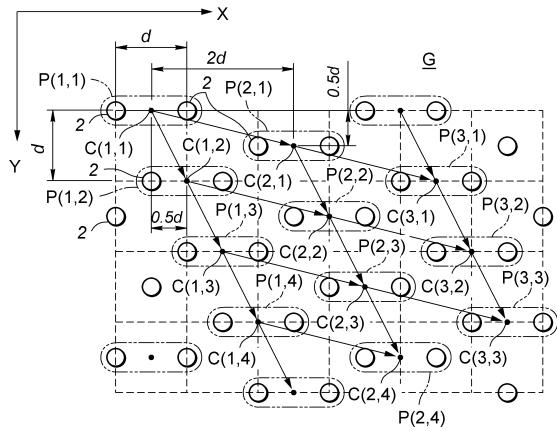
【図6】



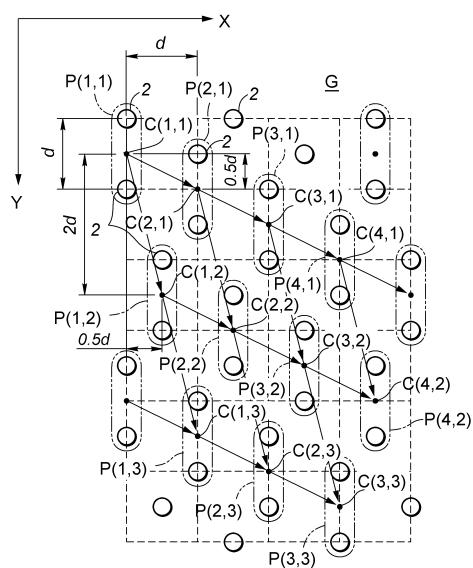
【図7】



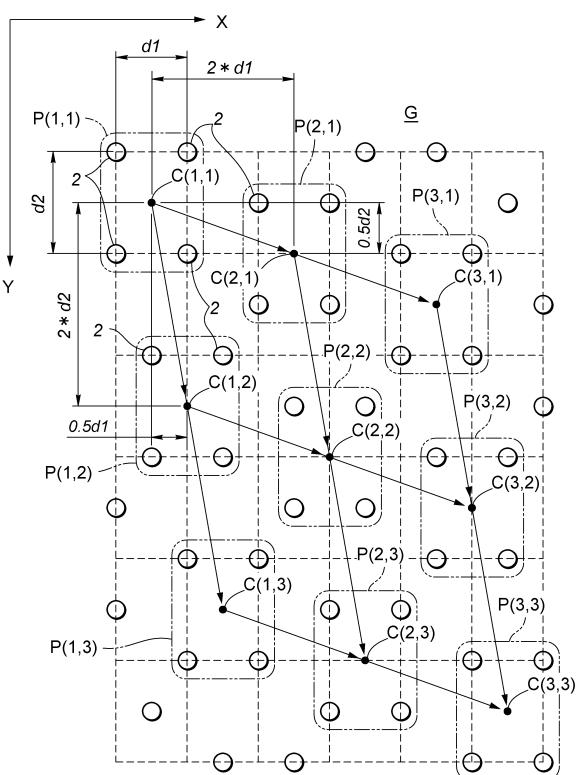
【図8】



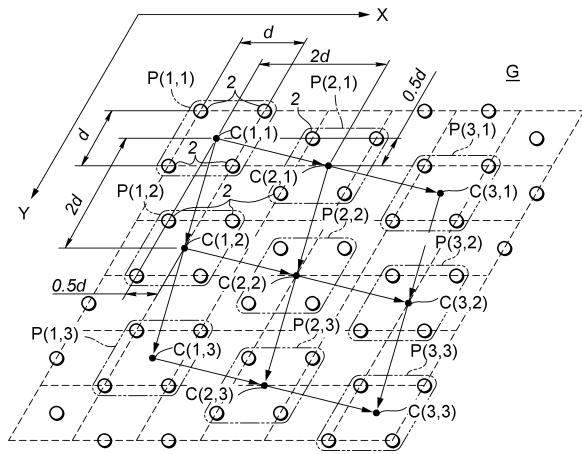
【図9】



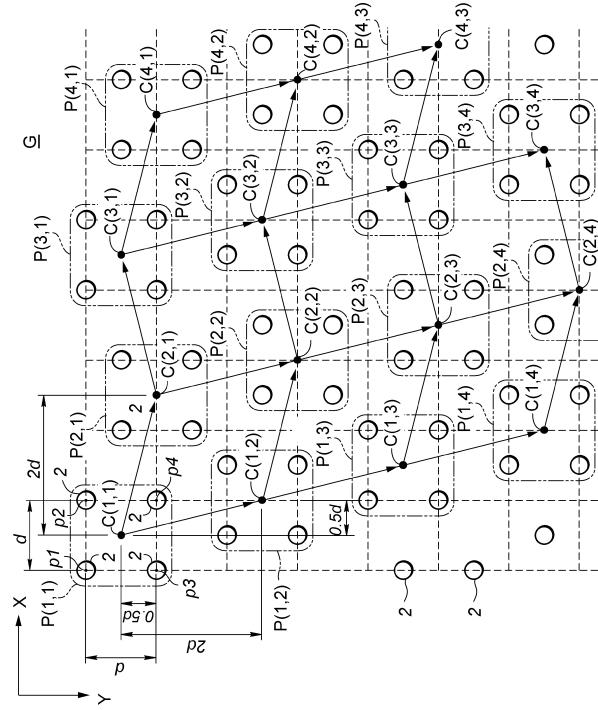
【図10】



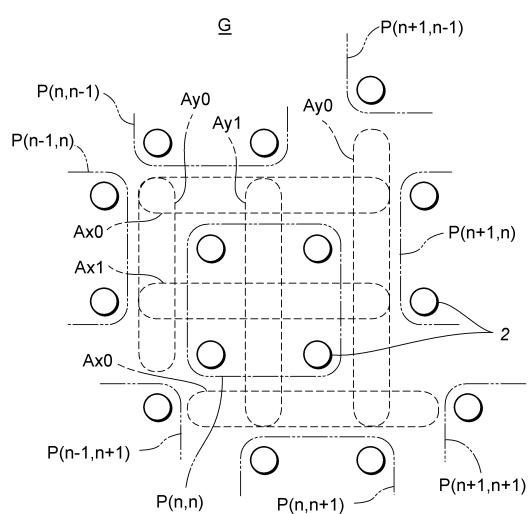
【図11】



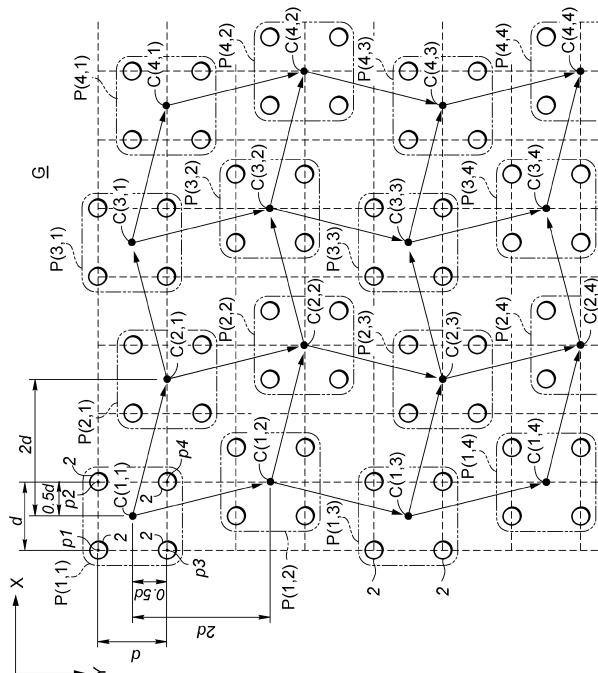
【図12】



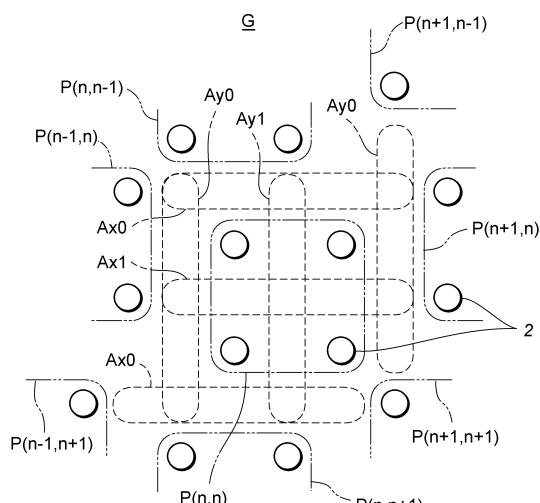
【図13】



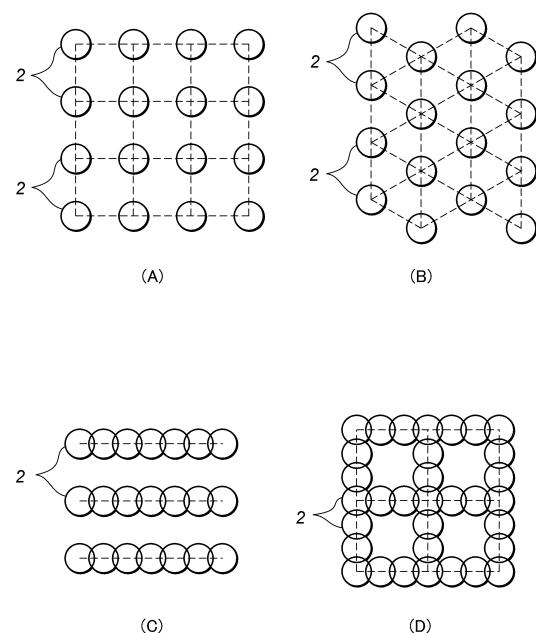
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 直樹
東京都中央区佃二丁目1番6号 三井住友建設株式会社内
(72)発明者 山本 陽一
東京都中央区佃二丁目1番6号 三井住友建設株式会社内

審査官 富山 博喜

(56)参考文献 特開2003-064657(JP,A)
特開2002-047640(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
E 02 D 3 / 12
E 02 D 27 / 34