

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7532223号
(P7532223)

(45)発行日 令和6年8月13日(2024.8.13)

(24)登録日 令和6年8月2日(2024.8.2)

(51)国際特許分類	F I			
G O 1 N 3/00 (2006.01)	G O 1 N 3/00			D
G O 1 N 3/24 (2006.01)	G O 1 N 3/24			
G O 1 N 15/08 (2006.01)	G O 1 N 15/08			C

請求項の数 6 (全18頁)

(21)出願番号 特願2020-192703(P2020-192703)	(73)特許権者 000173809 一般財団法人電力中央研究所 東京都千代田区大手町1丁目6番1号
(22)出願日 令和2年11月19日(2020.11.19)	
(65)公開番号 特開2022-81265(P2022-81265A)	(74)代理人 100101236 弁理士 栗原 浩之
(43)公開日 令和4年5月31日(2022.5.31)	(74)代理人 100166914 弁理士 山▲崎▼ 雄一郎
審査請求日 令和5年11月15日(2023.11.15)	(72)発明者 吉川 絵麻 千葉県我孫子市我孫子1646 一般財 団法人電力中央研究所 地球工学研究所内
(出願人による申告) 令和2年度、経済産業省、高レ ベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業(沿 岸部処分システム評価確証技術開発)、産業技術力強 化法第17条の適用を受ける特許出願	(72)発明者 渡邊 保貴 千葉県我孫子市我孫子1646 一般財 団法人電力中央研究所 地球工学研究所内
	審査官 福田 裕司
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 透水評価装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

試料の一方面側を保持する第1保持部材と、
前記試料の他方面側を保持する第2保持部材と、
前記第1保持部材、前記第2保持部材を相対的に移動させて前記試料に変形を加えて前記試料にせん断帯を形成するせん断手段と、
前記試料に形成されたせん断帯に対し、面に沿う方向に通水を行う通水手段と、
前記通水手段による通水の状態を検出してせん断帯の透水状況を評価する評価手段とを備え、
前記第1保持部材、前記第2保持部材の対向面に形成され前記試料を保持するための凹部と、
前記試料を保持した際に、前記第1保持部材、前記第2保持部材の対向面の前記凹部を除く周辺部位を面接触させる加圧手段と、
前記試料に変形を加えて前記試料に変位が付与される前に、前記第1保持部材、前記第2保持部材を離反させ、前記周辺部位に隙間を形成する離反手段とを更に備え、
前記通水手段は、
前記周辺部位に形成された隙間に対して通水することで、前記試料のせん断帯に水を通す手段である
ことを特徴とする透水評価装置。

【請求項2】

請求項 1 に記載の透水評価装置において、

前記第 1 保持部材、前記第 2 保持部材を離反させる際に、前記試料の拘束状態を維持する拘束維持手段と備えた

ことを特徴とする透水評価装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の透水評価装置において、

前記せん断手段は、

前記第 1 保持部材、及び、前記第 2 保持部材を、前記試料の保持面に交差する軸周りで相対的に回転させて前記試料を変形させる手段である

ことを特徴とする透水評価装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の透水評価装置において、

前記第 1 保持部材が前記試料の上面側を保持し、前記第 2 保持部材が前記試料の下面側を保持するものであり、

前記第 1 保持部材、前記第 2 保持部材は、対向部にそれぞれ円環状の凹部を有し、

前記第 1 保持部材の凹部と、前記第 2 保持部材の凹部とで、円環筒状の前記試料を収容するための収容空間が画成され、

前記収容空間に前記試料が収容された際に、円環筒状の前記試料の軸芯方向に前記第 1 保持部材を前記第 2 保持部材に押し付け、前記凹部以外の部位を面接触させる加圧手段と、

前記加圧手段により前記凹部以外の部位を面接触させた状態から、前記試料を拘束した状態で、前記凹部以外の部位の前記第 1 保持部材、前記第 2 保持部材を離反させ、所望の隙間を形成する離反手段と、

前記第 2 保持部材を円環筒状の前記試料の軸芯を中心に任意の角度まで回転させて前記試料を変形させる前記せん断手段と、

前記凹部の外側と内側との間の前記隙間に対して通水することで、前記試料のせん断帯に水を通す前記通水手段と、

前記通水手段による通水の状態を検出してせん断帯の透水状況を評価する評価手段とを備えた

ことを特徴とする透水評価装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の透水評価装置において、

前記第 2 保持部材の円環状の凹部から、前記第 1 保持部材の円環状の凹部に向けて、もしくは、前記第 1 保持部材の円環状の凹部から、前記第 2 保持部材の円環状の凹部に向けて、通水することで、前記試料のせん断帯を交差して上下方向に水を通す上下通水手段を更に備え、

前記評価手段は、

前記上下通水手段による通水の状態を検出してせん断帯を跨ぐ透水状況を評価する機能を有している

ことを特徴とする透水評価装置。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の透水評価装置において、

前記通水手段による通水の前に、前記試料に給水を行うことで前記試料を飽和させる飽和手段を備えた

ことを特徴とする透水評価装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、材料を変形させて透水評価を行う透水評価装置に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

例えば、放射性廃棄物を地下に処分する場合、地下水の流れによる核種の移動を抑制するため、透水性が極めて低い材料を覆土等の緩衝材として用いることが考えられている。透水性が極めて低い材料としては、例えば、膨潤性を有するもの（ベントナイト、もしくは、ベントナイトと砂を混合したもの）が検討されている。

【0003】

緩衝材等の埋設施設を構成する材料の評価を行う場合、地下水の流れの状況を把握する必要がある。地下水の流れの状況を把握するためには、緩衝材等の材料の透水性を把握することが重要になっている。このため、透水性が極めて低い材料であっても極少量の水の移動を適切に検出することができる技術が提案されている（例えば、特許文献1）。

【0004】

一方、放射性廃棄物の処分に用いられる覆土等の緩衝材は、材料の強度を把握することが重要であり、緩衝材等の地盤を構成する材料の強度を把握するために、せん断強度を調べることが行われている。せん断強度を把握することで、周辺環境の変化に応じた覆土等の緩衝材の力学挙動を評価することが可能になる。

【0005】

緩衝材等の材料における地下水の流れの状況は、せん断を加味した状態で長期にわたる評価が必要であり、材料に局所的な変形（せん断変形）が生じた場合における水みちの発生に対する状況の把握が必要となっているのが現状である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2015-125078号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は上記状況に鑑みてなされたもので、任意のせん断状態（過程）における材料のせん断帯の透水性を評価することができる透水評価装置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】

上記目的を達成するための請求項1に係る本発明の透水評価装置は、試料の一方面側を保持する第1保持部材と、前記試料の他方面側を保持する第2保持部材と、前記第1保持部材、前記第2保持部材を相対的に移動させて前記試料に変形を加えて前記試料にせん断帯を形成するせん断手段と、前記試料に形成されたせん断帯に対し、面に沿う方向に通水を行う通水手段と、前記通水手段による通水の状態を検出してせん断帯の透水状況を評価する評価手段とを備え、

前記第1保持部材、前記第2保持部材の対向面に形成され前記試料を保持するための凹部と、前記試料を保持した際に、前記第1保持部材、前記第2保持部材の対向面の前記凹部を除く周辺部位を面接触させる加圧手段と、前記試料に変形を加えて前記試料に変位が付与される前に、前記第1保持部材、前記第2保持部材を離反させ、前記周辺部位に隙間を形成する離反手段とを更に備え、前記通水手段は、前記周辺部位に形成された隙間に対して通水することで、前記試料のせん断帯に水を通す手段であることを特徴とする。

【0009】

請求項1に係る本発明では、せん断手段により試料に変形を加えて試料の中に変位を生じさせ、試料にせん断帯を形成し、通水手段により試料のせん断帯に対して面に沿う方向に通水を行い、評価手段によりせん断帯の透水状況（透水割合）を評価する。これにより、せん断帯に水を通して透水状況を評価することができ、任意のせん断状態（過程）における試料のせん断帯の透水性を評価することが可能になる。

そして、加圧手段により第1保持部材と第2保持部材の凹部以外の対向面を接触させてから、離反手段により第1保持部材と第2保持部材を離して隙間を設け、試料に変位を与え、隙間に通水を行うことで試料のせん断帯に水を通すことができる。このため、所定の隙

10

20

30

40

50

間に水を通すことで、せん断面近傍に対して通水することができ、せん断帯の透水状況を適切に評価することができる。

【0010】

因みに、非特許文献（片山遥平、許博皓、土田孝、村上博紀、中空ねじり試験機による地盤材料のせん断変形後の水平方向透水係数に関する研究、土木学会論文集B3(海洋開発)Vol.71、No.2、I_1143-I_1148、2015.)には、粘土試料に圧密、及び、せん断変形を与えた後、中空筒状の試料に対して、外周の筒面全体から中空部に対して通水し、透水状況を評価している技術が開示されている。

【0011】

しかし、非特許文献に示された技術は、せん断変形を与えた後の通水の状況を評価する技術ではあるが、ねじり変位により生じたせん断後、試料の外周の筒面の全体から通水を実施している。このため、非特許文献に示された技術では、せん断が生じている試料全体の透水性に関しては類推することはできるが、せん断帯に沿った通水が行われていない。

【0012】

従って、非特許文献に示された技術からは、任意のせん断状態（過程）における材料のせん断帯の透水性を評価することができる、といった請求項1に係る本願発明の特徴を得ることは当然不可能である。

【0015】

また、請求項2に係る本発明の透水評価装置は、請求項1に記載の透水評価装置において、前記第1保持部材、前記第2保持部材を離反させる際に、前記試料の拘束状態を維持する拘束維持手段と備えたことを特徴とする。

【0016】

請求項2に係る本発明では、拘束維持手段により試料の拘束状態を維持した状態でせん断帯近傍に対して通水することができ、せん断後の試料の状態を変化させることなく、せん断帯に対して的確に通水することができる。

【0017】

また、請求項3に係る本発明の透水評価装置は、請求項2に記載の透水評価装置において、前記せん断手段は、前記第1保持部材、及び、前記第2保持部材を、前記試料の保持面に交差する軸周りで相対的に回転させて前記試料を変形させる手段であることを特徴とする。

【0018】

請求項3に記載の本発明では、回転方向の変位によりせん断を実施するため、変位量の制約を受けることがない。このため、任意の変位の状態でせん断を行うことができ、ピーク強度後の残留強度の状態まで変形させたせん断状態での透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

【0019】

また、請求項4に係る本発明の透水評価装置は、請求項3に記載の透水評価装置において、前記第1保持部材が前記試料の上面側を保持し、前記第2保持部材が前記試料の下面側を保持するものであり、前記第1保持部材、前記第2保持部材は、対向部にそれぞれ円環状の凹部を有し、前記第1保持部材の凹部と、前記第2保持部材の凹部とで、円環筒状の試料を収容するための収容空間が画成され、前記収容空間に前記試料が収容された際に、円環筒状の前記試料の軸芯方向に前記第1保持部材を前記第2保持部材に押し付け、前記凹部以外の部位を面接触させる加圧手段と、前記加圧手段により前記凹部以外の部位を面接触させた状態から、前記試料を拘束した状態で、前記凹部以外の部位の前記第1保持部材、前記第2保持部材を離反させ、所望の隙間を形成する離反手段と、前記第2保持部材を円環筒状の前記試料の軸芯を中心に任意の角度まで回転させて前記試料を変形させる前記せん断手段と、前記凹部の外側と内側との間の前記隙間に対して通水することで、前記試料のせん断帯に水を通す前記通水手段と、前記通水手段による通水の状態を検出してせん断帯の透水状況を評価する評価手段とを備えたことを特徴とする。

【0020】

請求項4に係る本発明では、収容空間に円環筒状の試料を収容し、加圧手段により円環筒状の試料の軸芯方向に第1保持部材を第2保持部材に押し付けて凹部以外の部位を面接触させる。試料を拘束した状態で、離反手段により凹部以外の部位の第1保持部材、第2保持部材を離反させ、第1保持部材と第2保持部材の間に所望の隙間を形成する。せん断手段により第2保持部材を円環筒状の試料の軸芯を中心に任意の角度まで回転させて試料を変形させる。通水手段により凹部の外側と内側との間の隙間に対して通水することで、試料のせん断帯に水を通し、評価手段により通水の状態を検出してせん断帯の透水状況を評価する。

【0021】

これにより、回転方向の変形によりせん断を実施して試料の変位量の制約を減らし、所定の隙間に水を通すことで、せん断面近傍に対して通水し、試料の拘束状態を維持した状態でせん断面近傍に対して通水することができる。従って、ピーク強度後の残留強度の状態まで変形させてせん断することができ、せん断後の試料の状態を変化させることなく、せん断帯に対して通水することにより、せん断帯を流れる水の状況（通水状況）を的確に把握することができる。このため、任意のせん断状態（過程）における材料のせん断帯の透水性を評価することが可能になる。即ち、ピーク強度後の残留強度の状態まで変形させたせん断状態での透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

【0022】

また、請求項5に係る本発明の透水評価装置は、請求項4に記載の透水評価装置において、前記第2保持部材の円環状の凹部から、前記第1保持部材の円環状の凹部に向けて、もしくは、前記第1保持部材の円環状の凹部から、前記第2保持部材の円環状の凹部に向けて、通水することで、前記試料のせん断帯を交差して上下方向に水を通す上下通水手段を更に備え、前記評価手段は、前記上下通水手段による通水の状態を検出してせん断帯を跨ぐ透水状況を評価する機能を有していることを特徴とする。

【0023】

請求項5に係る本発明では、試料に対して上下方向の透水状況を評価することができる。

【0024】

また、請求項6に係る本発明の透水評価装置は、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の透水評価装置において、前記通水手段による通水の前に、前記試料に給水を行うことで前記試料を（水で）飽和させる飽和手段を備えたことを特徴とする。

【0025】

請求項6に係る本発明では、通水を行う前に試料に給水を行って試料を飽和させる（空気を排出する）ことができ、気泡などの影響を受けずに試料に対する通水の状態を的確に評価することができる。

【0026】

また、透水評価方法は、試料をせん断して変形させ、せん断帯に沿った方向に通水を行うことで、せん断面を含む部位の透水状況を評価することを特徴とする。

【0027】

これにより、任意のせん断状態（過程）における材料のせん断帯の透水性を評価することができる。つまり、せん断力を与えた結果による変位により生じたせん断帯の透水性を評価することができる。

【0028】

また、上記透水評価方法において、試料に対する変形は、回転方向であることを特徴とする。

【0029】

これにより、回転方向にせん断して変形させるため、変位量の制約を受けることがない。このため、任意の変形の状態でせん断を行うことができ、試料にせん断力を与えて変形させ、ピーク強度後の残留強度の状態まで試料を変形させて透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0030】

本発明の透水評価装置は、任意のせん断状態（過程）における材料のせん断帯の透水性を評価することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の透水評価装置の概念構成図である。

【図2】本発明の一実施例に係る透水評価装置の概念構成図である。

【図3】本発明の一実施例に係る透水評価装置の全体構成図である。

【図4】本発明の一実施例に係る透水評価装置の全体構成図である。

10

【図5】本発明の一実施例に係る透水評価装置の要部の分解斜視図である。

【図6】第2保持部の構成を説明する外観図である。

【図7】第1保持部材の構成を説明する外観図である。

【図8】通水状況の評価処理のフローチャートである。

【図9】本発明の一実施例に係る透水評価装置の動作説明図である。

【図10】本発明の一実施例に係る透水評価装置の動作説明図である。

【図11】通水状態を説明する断面図である。

【図12】せん断変位とせん断応力との関係を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0032】

20

図1には本発明の透水評価装置を説明するために装置を概念的に表した概念構成状況を示してあり、図1（a）は試料を変形させる前（試料に変位が生じる前）の状態、図1（b）は試料を変形させた後（試料に変位が生じた後）の状態である。

【0033】

図に示すように、本発明の透水評価装置1には、試料（低透水性材料：例えばベントナイトを含む材料）2の上面側（一方面側）を保持する第1保持部材3と、試料2の下面側（他方面側）を保持する第2保持部材4とが備えられている。そして、第1保持部材3と第2保持部材4とを相対的に移動させて試料2を変形させて試料2に変位を与え、試料2にせん断帯5を形成するせん断手段6が備えられている。

【0034】

30

更に、試料2のせん断帯5に対して面に沿う方向に通水を行う通水手段7が備えられ、通水手段7で通水の状態が通水検出手段8で検出される。通水検出手段8で検出された通水の状態は評価手段9に入力され、評価手段9では試料2のせん断帯5の部位の面に沿う方向の透水状況（透水係数に基づいた透水の割合等）が評価される。

【0035】

このため、せん断帯5に水を通して（加圧状態で通水して）透水状況进行评估することができ、せん断手段6による変位の状態を任意に設定することにより、任意のせん断状態（過程：任意のせん断過程）における試料2のせん断帯5の透水性を評価することが可能になる。

【0036】

40

図2には本発明の一実施例に係る透水評価装置を説明するために装置を概念的に表した概念構成状況を示してある。

【0037】

図に示すように、透水評価装置11には、円環状の試料（低透水性材料：例えば、ベントナイトを含む材料）12の上面側（一方面側）を保持する第1保持部材13と、試料12の下面側（他方面側）を保持する第2保持部材14とが備えられている。第1保持部材13、第2保持部材14の対向面には、円環状の試料12を保持するための凹部13aと凹部14aがそれぞれ形成されている。凹部13aと凹部14aにより収容空間が形成されるようになっている。

【0038】

50

第1保持部材13を第2保持部材14側に向けて（下方に向けて）下降させる加圧手段15が備えられ、加圧手段により第1保持部材13を下降させることで、第1保持部材13、第2保持部材14の対向面の凹部13a、14aを除く周辺部位（面13b、14b）を面接触させるようになっている。

【0039】

第1保持部材13と第2保持部材14の周辺部位（面13b、14b）を面接触させた状態から第1保持部材13と第2保持部材14を離反させ、第2保持部材14を円環筒状の試料12の軸芯（図中上下方向に延びる中心軸）を中心に任意の角度まで回動させて試料12に変位を生じさせるせん断手段としての回動駆動手段16が備えられている。回動駆動手段16により第2保持部材14を任意の角度まで回動させることで試料12に変位が生じて試料12がせん断され、第1保持部材13と第2保持部材14の周辺部位（面13b、14b）と平行なせん断帯17が試料12に形成される。

10

【0040】

回動駆動手段16により第2保持部材14を任意の角度まで回動させて試料12を変形させて試料12に変位を与える前に、試料12を拘束した状態で（後述する拘束手段）、第1保持部材13の一部を上昇させて、第1保持部材13と第2保持部材14の周辺部位（面13b、14b）を離反させる離反手段としての昇降手段18が備えられている。昇降手段18により第1保持部材13の一部を上昇させることにより、第1保持部材13と第2保持部材14の周辺部位（面13b、14b）に所定の隙間Sが形成される。

【0041】

20

第1保持部材13と第2保持部材14の間の周辺部位（面13b、14b）の隙間に対して所定の圧力で加圧した水を通水する通水手段19が備えられている。また、通水手段19による通水の前に、試料12に給水を行うことで試料12を水で飽和させる飽和手段が備えられている。

【0042】

即ち、第2保持部材14に飽和用の給水を行う給水手段24が設けられ、第2保持部材14には、給水手段24が接続されて試料12の下面に連通する下流路25が形成されている。第1保持部材13には試料12の上面に連通する上流路26が形成され、上流路26は排出路27が接続されている。排出路27にはバルブ28が設けられている。

【0043】

30

通水手段19による通水の前に、バルブ28を開いて給水手段24から給水を行う。下流路25から試料12に給水が行われ、試料12に溜まっている空気と共に上流路26に水が送られる。送られた水は、気泡と共に排出路27から排出され、試料12から空気が排出され試料12が水で飽和される。

【0044】

試料12を飽和させた状態で、通水手段19により第1保持部材13と第2保持部材14の周辺部位（面13b、14b）の隙間に加圧した水を通水することで、試料12のせん断帯17に所定の圧力で加圧された水が通水される。

【0045】

通水手段19による通水の状態（通水量等）を検出する検出手段20が備えられ、検出手段20で検出された通水の状態は、評価手段21に入力される。評価手段21では、せん断帯17に沿った通水の状態からせん断帯17の透水状況（例えば、透水係数に基づいた透水の割合）が評価される。

40

【0046】

上述した透水評価装置11では、第1保持部材13と第2保持部材14の凹部13aと凹部14aで形成される収容空間に円環筒状の試料12を収容し、加圧手段15により試料12の軸芯方向に第1保持部材13を第2保持部材14に押し付けて凹部13a、14aを除く周辺部位（面13b、14b）を面接触させる。

【0047】

試料12を変位させる前に、試料12を拘束した状態で（後述する拘束手段）、昇降手

50

段 1 8 により凹部 1 3 a、1 4 a を除く周辺部位（面 1 3 b、1 4 b）の第 1 保持部材 1 3、第 2 保持部材 1 4 を離反させ、凹部 1 3 a、1 4 a を除く周辺部位（面 1 3 b、1 4 b）に、せん断帯 1 7 と平行な隙間 S を形成する。隙間 S は所望の寸法で任意に形成することができる。

【0048】

回動駆動手段 1 6 により第 2 保持部材 1 4 を任意の角度まで回動させて試料 1 2 を変形させる。試料 1 2 を変形させることで、試料 1 2 の中に変位が生じ、試料 1 2 にせん断帯 1 7 が形成される。

【0049】

試料 1 2 を水で飽和させ、通水手段 1 9 により第 1 保持部材 1 3 と第 2 保持部材 1 4 の凹部 1 3 a と凹部 1 4 a の外側と内側との間の隙間に対して所定の圧力で加圧された水を通水する。通水手段 1 9 により通水を行うことで、試料 1 2 のせん断帯 1 7 の面に沿う方向に沿って、加圧された水が通水され、通水の状態（通水量等）が検出手段 2 0 で検出される。

【0050】

検出手段 2 0 の検出情報は評価手段 2 1 に入力され、せん断帯 1 7 に沿った通水の状態からせん断帯 1 7 の透水状況（例えば、透水係数）が評価手段 2 1 で評価される。

【0051】

これにより、回動方向の変形によりせん断を実施する、即ち、試料 1 2 に回動方向の変位を生じさせることで、変位量の制約を減らし、所定の隙間 S に加圧された水を通すことで、飽和状態にある試料 1 2 のせん断帯 1 7 の近傍に対してせん断帯 1 7 の面に沿う方向に通水し、試料 1 2 の拘束状態を維持した状態でせん断帯 1 7 の近傍に対して通水することができる。

【0052】

従って、ピーク強度後の残留強度の状態まで試料 1 2 を変形させてせん断することができ、せん断後の試料 1 2 の状態を変化させることなく、せん断帯に対して通水することにより、せん断帯 1 7 を流れる水の状況（通水状況）を的確に把握することができる。このため、任意のせん断状態（過程）における試料 1 2 のせん断帯の透水性を評価することが可能になる。即ち、ピーク強度後の残留強度の状態まで変位を生じさせたせん断状態での透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

【0053】

即ち、回転方向のせん断により試料 1 2 を変形させることでせん断量（変位量）に制約を受けることがなく、ピーク強度後の残留強度の状態まで試料 1 2 を変形させた状態（せん断状態）での透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

【0054】

図 3 から図 7 に基づいて透水評価装置 1 1 の構成を具体的に説明する。

【0055】

図 3 には透水評価装置 1 1 の全体の状況を表す概略断面視の状況、図 4 には透水評価装置 1 1 の第 1 保持部材 1 3 が上昇している状況、図 5 には透水評価装置 1 1 の要部の構成部材を分解して表した斜視状況、図 6 には第 2 保持部材 1 4 の外観視の状況、図 7 には第 1 保持部材 1 3 の外観視の状況を示してある。

【0056】

主に、図 3 から図 6 に示すように、透水評価装置 1 1 の下部のフレーム 3 1 には回動駆動手段 1 6 が設けられ、回動駆動手段 1 6 の駆動部には駆動ベース 3 2 が固定されている（せん断手段）。駆動ベース 3 2 には第 2 保持部材 1 4 を構成するベース 3 3 が取り付けられて保持ベース 3 4 を構成している。

【0057】

ベース 3 3 の上面には円環状の下保持部 3 5 が形成されている。保持ベース 3 4 は、ベース 3 3 の外側に配される下筒部 3 6、及び、ベース 3 3 の内側に配される下柱部 3 7 が

10

20

30

40

50

設けられている。下保持部 3 5 の上面の高さに対し、下筒部 3 6、下柱部 3 7 の上面の高さが高く形成され、下筒部 3 6、下柱部 3 7 は同一の高さに形成されている。下保持部 3 5 の上面により円環状の凹部 1 4 a の下側の底面が形成される。

【0058】

ベース 3 3 には水平方向に延びる横通水路 3 8（通水手段 1 9）が形成され、横通水路 3 8 には所定の圧力に調整された加圧水が供給される。下柱部 3 7 には、下端が横通水路 3 8 に連通し上端が下柱部 3 7 の上面に開口する縦通水路 3 9 が形成されている。横通水路 3 8 に送られた加圧水は、縦通水路 3 9 から下柱部 3 7 の上面に送られる。

【0059】

主に、図 3 から図 5、図 7 に示すように、フレーム 3 1 には上下方向に延びるねじ軸 4 1 が設けられ、ねじ軸 4 1 は連動して回転駆動される。ねじ軸 4 1 にはナット部材 4 2 が螺合して設けられ、ナット部材 4 2 には載荷フレーム 4 3 が取り付けられている（加圧手段）。載荷フレーム 4 3 の下側にはロードセル 4 4 を介して昇降ベース 4 5 が設けられている。

【0060】

図 4 に示すように、昇降ベース 4 5 には押圧部材 4 6（第 1 保持部材 1 3）が設けられている。押圧部材 4 6 は、筒状の本体の中心部分が径方向に所定の幅を形成して切り欠かれた切欠き筒部 4 7 と、切欠き筒部 4 7 の下端に設けられた押圧リング 4 8（第 1 保持部材 1 3）とで構成されている。

【0061】

図 5 に示すように、押圧部材 4 6 の切欠き筒部 4 7 の切欠きスペース 4 7 a には、上保持部 4 9（第 1 保持部材 1 3）が設けられている。上保持部 4 9 は切欠きスペース 4 7 a に配される板状の上フレーム材 5 1 と、上フレーム材 5 1 の下面に設けられる筒状の上柱部 5 2 とで構成されている。上フレーム材 5 1 の両端部は、切欠きスペース 4 7 a の外側（切欠き筒部 4 7 の径方向外側）に配されるフランジ部 5 3 が形成されている。

【0062】

上保持部 4 9 は切欠き筒部 4 7 に対して切欠きスペース 4 7 a の内部で昇降自在に設けられている。一方、下筒部 3 6 の上面には上筒部 5 4 が配され、上筒部 5 4 にはフランジ部 5 3 に対向し、フランジ部 5 3 に締結可能なフランジ 5 5 が形成されている。

【0063】

そして、図 4 に示すように、下筒部 3 6 と上筒部 5 4 は外周縁がリングフランジ 5 8 で連結され、リングフランジ 5 8 には排水路 5 9 が接続されている。リングフランジ 5 8 の内側には周溝 5 8 a が形成され、周溝 5 8 a が排水路 5 9 に連通している。つまり、試料 1 2 を放射状に通水された水は周溝 5 8 a から排水路 5 9 に導かれて排出される。

【0064】

図 5 に示すように、上保持部 4 9 が下側に押圧されることで、上筒部 5 4 の下面が下筒部 3 6 の上面に接触し（金属面同士で接触）、上柱部 5 2 の下面と下柱部 3 7 の上面とが接触する（金属面同士で接触する）。

【0065】

図 3 に示すように、ねじ軸 4 1 の回転によりナット部材 4 2 を介して載荷フレーム 4 3 を下降させることで、ロードセル 4 4、昇降ベース 4 5、押圧部材 4 6、押圧リング 4 8 で構成される上保持部 4 9 が下側に押圧される。

【0066】

上保持部 4 9 が下側に押圧された状態で、上柱部 5 2 の下面の高さ方向の位置が押圧リング 4 8 の高さ方向の位置よりも下側に位置するようになっている。これにより、下保持部 3 5 の上面と押圧リング 4 8 の下面との間に円環状の凹部 1 3 a が形成される。凹部 1 3 a と前述した円環状の凹部 1 4 a により、円環筒状の試料 1 2 を収容するための収容空間が画成される。収容空間には上下に多孔部材 4 0（試料 1 2 の面に均等に水を通水させるための部材）を介在させて試料 1 2 が収容される。

【0067】

10

20

30

40

50

下筒部 3 6 と上筒部 5 4 の間、及び、下柱部 3 7 と上柱部 5 2 の接触面に隙間を形成した状態で、横通水路 3 8、縦通水路 3 9 に加圧水を通水することで、隙間を通して（試料 1 2 を通して）リングフランジ 5 8 の排水路 5 9 に加圧水が排水される。つまり、収容空間に円環筒状の試料 1 2 が収容された状態で、試料 1 2 の径方向の内側から外側に加圧水が通水される（通水手段 1 9）。

【0068】

一方、上柱部 5 2、上フレーム材 5 1、フランジ部 5 3 に亘り空気抜き通用の流路 6 1 が形成され、流路 6 1 は縦通水路 3 9 に連通しバルブ 6 2（後述する図 9 参照）により開放可能となっている。また、図示は省略したが、第 2 保持部材 1 4 から第 1 保持部材 1 3 にかけて（もしくはその逆）、収容空間の上下（試料 1 2 の上下：後述するせん断帯を交差して）に所定の加圧水を通水する上下通水手段が備えられている。

【0069】

昇降ベース 4 5（第 1 保持部材 1 3）の昇降位置を検出する位置検出手段 6 5 が備えられている。即ち、フレーム 3 1 にはセンサーロッド 6 6 が設けられ、昇降ベース 4 5 にはセンサーロッド 6 6 に対する位置を検出する検出アーム 6 7 が設けられている。ロードセル 4 4 の検出結果、及び、位置検出手段 6 5 の検出結果により、第 1 保持部材 1 3 の昇降位置が所望の加圧状態で行われているか否かが評価される。

【0070】

フレーム 3 1 の上部にはねじジャッキ 7 1 が備えられ、ねじジャッキ 7 1 の操作により昇降する昇降プレート 7 2 が備えられている。昇降プレート 7 2 は載荷フレーム 4 3 とは独立して昇降自在となっている。昇降プレート 7 2 には連結バー 7 3 の上端が取り付けられ、連結バー 7 3 の下端は上保持部 4 9 のフランジ部 5 3 に取り付けられている。図中 7 4 は荷重検出器である。

【0071】

上保持部 4 9 が下側に押圧された状態で、フランジ部 5 3 と上筒部 5 4 のフランジ 5 5 を結合し、ねじジャッキ 7 1 の操作により昇降する昇降プレート 7 2 を上昇させることができる。これにより、押圧部材 4 6 の押圧リング 4 8 で試料 1 2 を下保持部 3 5 に押し付けた状態で（試料 1 2 を拘束した状態で：拘束手段）、上保持部 4 9（上柱部 5 2）と上筒部 5 4 を上昇させて、下筒部 3 6、下柱部 3 7 との接触面に所定の隙間を形成することができる（離反手段）。

【0072】

また、フレーム 3 1 の上部から下向きに隙間検出手段（ダイヤルゲージ）7 5 が設けられ、ダイヤルゲージ 7 5 の検出部 7 6 の先端は昇降プレート 7 2 の上面に接触している。つまり、ダイヤルゲージ 7 5 によりフレーム 3 1 に対する昇降プレート 7 2（上保持部 4 9、上柱部 5 2、上筒部 5 4）の昇降位置、即ち、上柱部 5 2 と下柱部 3 7、上筒部 5 4 と下筒部 3 6 との接触面の隙間が検出される。

【0073】

第 1 保持部材 1 3 の凹部 1 3 a、第 2 保持部材 1 4 の凹部 1 4 a により画成される収容空間に多孔部材 4 0 を介在させて試料 1 2 が収容される。加圧手段により円環筒状の試料 1 2 の軸芯方向に第 1 保持部材 1 3 を第 2 保持部材 1 4 に押し付けて凹部 1 3 a、凹部 1 4 a 以外の部位を面接触させる。

【0074】

昇降ベース 4 5 の押圧リング 4 8 で試料 1 2 を拘束した状態で、昇降プレート 7 2 を上昇させて、凹部 1 3 a、凹部 1 4 a 以外の部位の第 1 保持部材 1 3、第 2 保持部材 1 4 を離反させて、上柱部 5 2 と下柱部 3 7、上筒部 5 4 と下筒部 3 6 との接触面に隙間を形成する。回動駆動手段 1 6 により第 2 保持部材 1 4 を円環筒状の試料 1 2 の軸芯を中心に任意の角度まで回動させて試料 1 2 を変形させる。これにより、試料 1 2 が変形してせん断され、水平な面のせん断帯 1 7 が形成される。

【0075】

試料 1 2 を水で飽和させた後、横通水路 3 8、縦通水路 3 9 に加圧水を供給し（通水手

10

20

30

40

50

段)、第1保持部材13の凹部13a、第2保持部材14の凹部14aの内側から外側の隙間に対して通水を行う。これにより、試料12のせん断帯17に水が直接通され、せん断帯17に沿った通水が実施される。排水路59から排水された通水の状態(通水量等)が検出手段20で検出され、検出手段20の情報が評価手段21に送られてせん断帯17の透水状況が評価される。

【0076】

従って、せん断手段により試料12に変形が与えられ、通水手段により試料12のせん断帯17に対して面に沿う方向に通水が行われ、評価手段21によりせん断帯17を通った加圧水の透水状況(透水割合)が評価される。このため、せん断帯17に水を通して透水状況の評価することができ、任意のせん断状態(過程)における試料12のせん断帯17の透水性を評価することが可能になる。

【0077】

図8から図12に基づいて上述した透水評価装置による作用を更に具体的に説明する。

【0078】

図8には通水状況进行评估する処理の動作を表したフローチャート、図9(a)には試料12をセットする状態の側面視の状況、図9(b)には上柱部52と下柱部37、上筒部54と下筒部36との接触面に隙間(上下の隙間)の幅をゼロにした状態の側面視の状況、図10(a)には上下の隅間の幅を所定幅に調整した状態の側面視の状況、図10(b)には水平方向に加圧水を通水している状態の側面視の状況、図11には加圧水の流れの状態を説明する平面視の状況、図12にはせん断変位とせん断応力との関係を表すグラフを示してある。

【0079】

図8に示すように、ステップS1で試料12の設置、及び、装置の準備が実施される。即ち、図9(a)に示すように、下筒部36に対して上筒部54を配置し、上筒部54の下面と下筒部36の上面を面接触させて(隙間をゼロにして)リングフランジ58により周縁同士を連結する。

【0080】

上筒部54が固定された状態で、下保持部35、下筒部36で形成される円環状の凹部13a(收容空間)に試料12を載せる。この状態で、載荷フレーム43(図3参照)を下降させ、押圧部材46、上保持部49を下降させ、上柱部52の下面と下柱部37の下面を面接触させる。これにより、試料12が收容空間に拘束される。

【0081】

図9(b)に示すように、上保持部49のフランジ部53と上筒部54のフランジ55をボルトにより締結して一体化する。必要に応じて載荷フレーム43(図3参照)を下降させ、試料12を收容空間で圧密する。流路61のバルブ62を開き、通水手段19により横通水路38、縦通水路39、流路61に給水を行い、横通水路38、縦通水路39、流路61内の空気抜きを行い、流路内を水で飽和させてバルブ62を閉じる。

【0082】

図8に示すように、ステップS2で隙間の調整が実施される。即ち、図10(a)に示すように、押圧部材46で試料12を下保持部35に押し付けた状態で(試料12を拘束した状態で)、上保持部49(上柱部52)と上筒部54を上昇させる。これにより、図10(b)に示すように、下筒部36と下柱部37との接触面に所定の隙間が形成される。

【0083】

図8に示すように、ステップS3で横通水路38、縦通水路39に通水を行い、試料12に給水を行う(図10に示したバルブ30を開く)。合わせて(もしくは、横通水路38、縦通水路39への通水とは別に)、図10(a)に示すように、バルブ28を開いて給水手段24から給水を行い、下流路25から試料12に給水を行い、試料12に溜まっている空気と共に上流路26に水を送る。これにより、水が試料12の下から上に送られ、気泡と共に排出路27から水が排出され、試料12から空気が排出され試料12が水で飽和される(飽和手段)。

10

20

30

40

50

【0084】

尚、飽和手段としては、横通水路38、縦通水路39からの通水だけで空気を排出できれば、給水手段24、下流路25、上流路26、排出路27、バルブ28を省略することも可能である。また、横通水路38、縦通水路39から通水し、試料12を通した水を負の圧力で引く構成を採用することも可能である。

【0085】

図8に戻り、ステップS4で駆動ベース32を旋回させ、円環筒状の試料12の軸芯を中心に任意の所望角度（0度を越えた角度から360度以上の任意の角度までの間）まで回動させる。例えば、ピーク強度後の残留強度の状態になる角度まで回動させる。ステップS5で駆動ベース32を停止させる。これにより、軸芯に交差する（水平な）せん断帯17が試料12に形成される。

10

【0086】

ステップS6で横通水路38、縦通水路39に通水を行う（加圧水を供給する）。即ち、図10に示したバルブ30を開き、横通水路38、縦通水路39に加圧水を供給する。これにより、図11（a）に示すように、試料12の中心から外側に向けて（第1保持部材13の凹部13a、第2保持部材14の凹部14aの内側から外側の隙間に対して）通水が行われ、排水路59から排水される。尚、通水の方向は、図11（b）に示すように、試料12の外側から中心に向けて（第1保持部材13の凹部13a、第2保持部材14の凹部14aの外側から内側の隙間に対して）行うことも可能である（排水路59側から通水を行うことも可能である）。

20

【0087】

図10（b）に示すように、試料12のせん断帯17の面に沿う方向に沿って、加圧された水が通水され、通水の状態（通水量等）が検出手段20で検出される。検出手段20の検出情報は評価手段21に入力され、せん断帯17に沿った通水の状態からせん断帯17の透水状況（例えば、透水係数）が評価手段21で評価される。

【0088】

従って、試料12のせん断帯17で水を直接通すことができ、せん断帯17に沿った通水を実施することができる。排水路59から排水された通水の状態（通水量等）が検出手段20で検出される。

【0089】

例えば、残留強度の状態での透水状況を評価する場合、ステップS7で試料12がピーク強度後の残留強度の状態になっているか否かが判断され、残留強度の状態になっていると判断された場合、エンドとなり、検出手段20の情報が評価手段21に送られて評価される。ステップS7で残留強度の状態になっていないと判断された場合、ステップS4に移行して駆動ベース32の旋回が継続される（例えば、残留強度の状態になるまで継続される）。

30

【0090】

図12に示すように、せん断変位に対するせん断応力は、せん断前の状態（1）から、ピーク強度発現前（2）、ピーク強度発現後（3）、残留強度の状態（4）と変化する。ステップS7では残留強度の状態（4）になっているか否かが判断される。このため、残留強度の状態でのせん断帯17の透水状況を評価することができる。

40

【0091】

尚、ピーク強度発現前（2）、ピーク強度発現後（3）等の任意の状態でのせん断帯17の透水状況を評価することも可能である。

【0092】

上述したように、回動方向に生じる変位により試料12のせん断を実施して変位量の制約を減らし、所定の隙間に加圧水を通すことで、せん断帯17の近傍に対してせん断帯17の面に沿って通水することができ、試料12の拘束状態を維持した状態でせん断帯17の近傍に対して通水することができる。

【0093】

50

従って、ピーク強度後の残留強度の状態まで試料 1 2 を変形させてせん断し、試料 1 2 に変位を生じさせることができ、せん断後の試料 1 2 の状態を変化させることなく、せん断帯 1 7 のせん断面に対して通水し、せん断帯 1 7 に水を通して透水状況を的確に評価することができ、任意のせん断状態（過程）における試料 1 2 のせん断帯 1 7 の透水性を評価することが可能になる。つまり、試料 1 2 にせん断力を与えた結果による変位により生じたせん断帯 1 7 の透水性を評価することができる。

【0094】

即ち、ピーク強度後の残留強度の状態まで試料 1 2 を変形させたせん断状態（過程）での透水性の評価ができると共に、せん断の進行に伴う透水性の変化を評価することができる。

10

【0095】

上述した透水評価装置 1 1 では、任意のせん断状態（過程）における試料 1 2 のせん断帯 1 7 の透水性を評価することが可能になる。

【産業上の利用可能性】

【0096】

本発明は、透水評価装置、透水評価方法の産業分野で利用することができる。

【符号の説明】

【0097】

- 1、11 透水評価装置
- 2、12 試料
- 3、13 第1保持部材
- 4、14 第2保持部材
- 5、17 せん断帯
- 6 せん断手段
- 7 通水手段
- 8 通水検出手段
- 9 評価手段
- 15 加圧手段
- 16 回動駆動手段
- 18 昇降手段
- 19 通水手段
- 20 検出手段
- 21 評価手段
- 24 給水手段
- 25 下流路
- 26 上流路
- 27 排出路
- 28、30、62 バルブ
- 31 フレーム
- 32 駆動ベース
- 33 ベース
- 34 保持ベース
- 35 下保持部
- 36 下筒部
- 37 下柱部
- 38 横通水路
- 39 縦通水路
- 40 多孔部材
- 41 ねじ軸
- 42 ナット部材

20

30

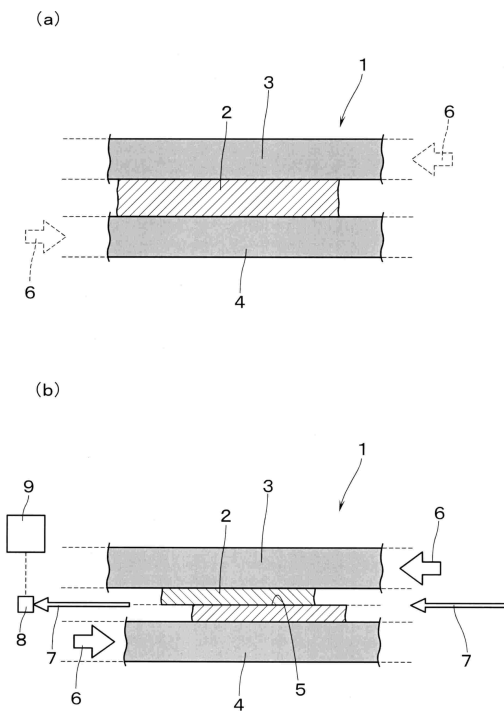
40

50

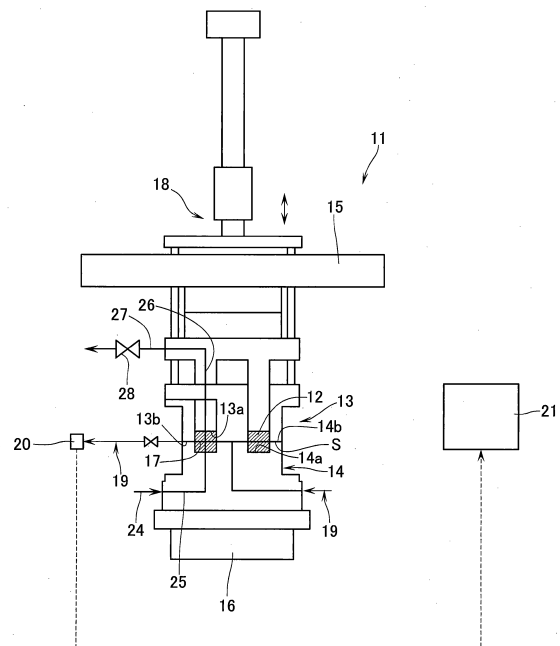
- 4 3 载荷フレーム
- 4 4 ロードセル
- 4 5 昇降ベース
- 4 6 押圧部材
- 4 7 切欠き筒部
- 4 8 押圧リング
- 4 9 上保持部
- 5 1 上フレーム材
- 5 2 上柱部
- 5 3 フランジ部
- 5 4 上筒部
- 5 5 フランジ
- 5 8 リングフランジ
- 5 9 排水路
- 6 1 流路
- 6 5 位置検出手段
- 6 6 センサーロッド
- 6 7 検出アーム
- 7 1 ねじジャッキ
- 7 2 昇降プレート
- 7 3 連結バー
- 7 4 荷重検出器
- 7 5 隙間検出手段 (ダイヤルゲージ)
- 7 6 検出部

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

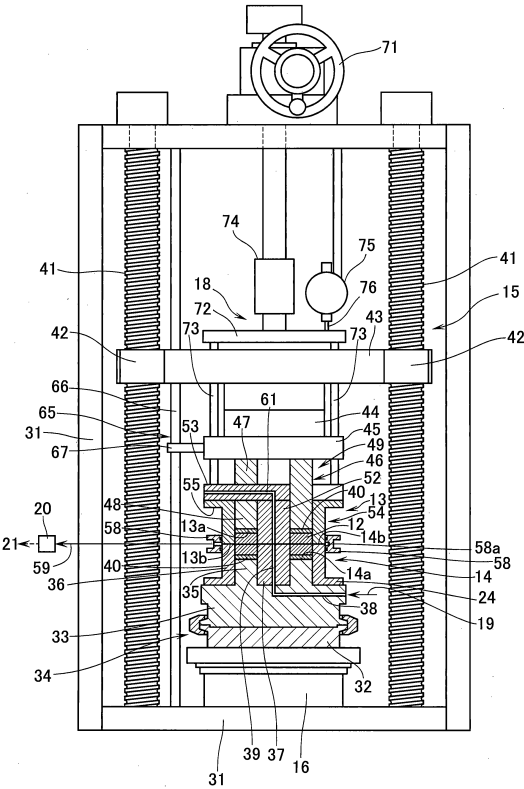
20

30

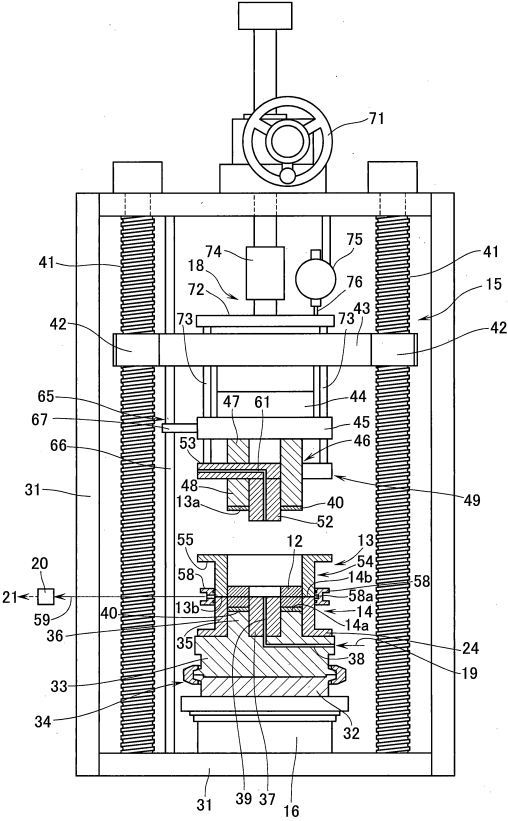
40

50

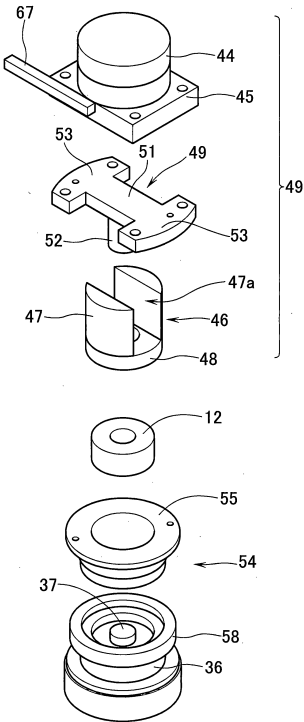
【図 3】



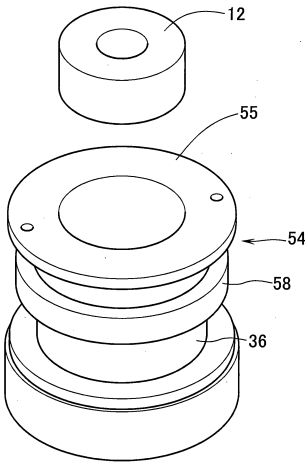
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

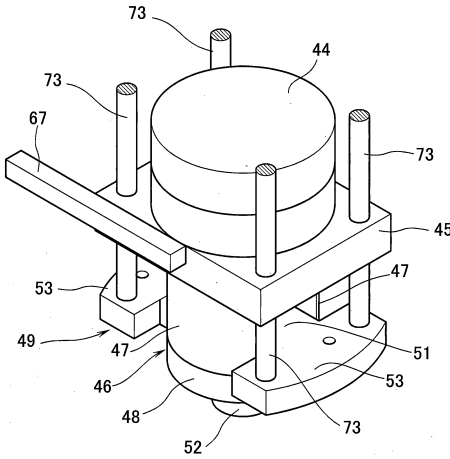
20

30

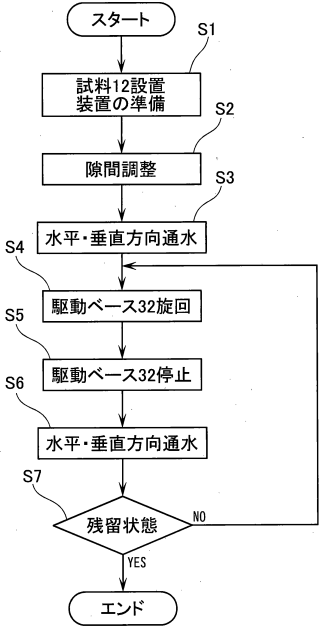
40

50

【図 7】



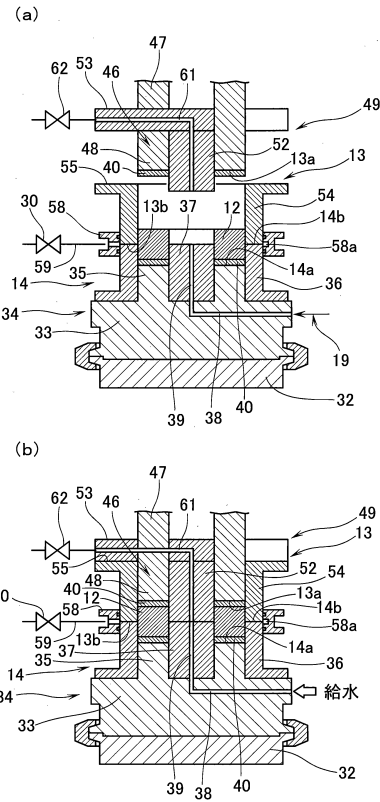
【図 8】



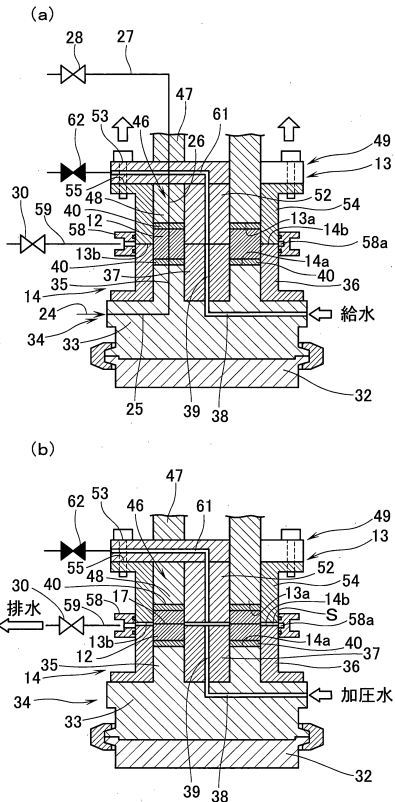
10

20

【図 9】



【図 10】

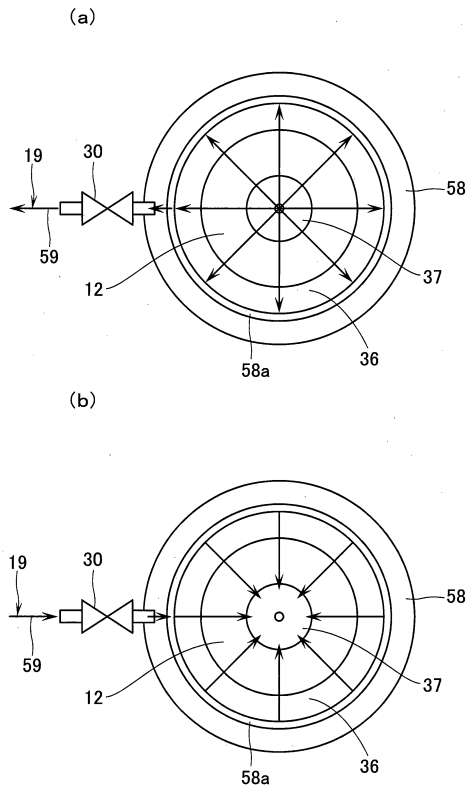


30

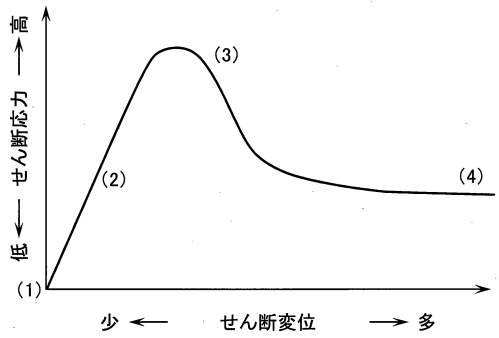
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平０４－０８４７３２（ＪＰ，Ａ）
 特開２００８－０４６０８６（ＪＰ，Ａ）
 特開２０１５－１２５０７８（ＪＰ，Ａ）
 特開平１０－２０６３０６（ＪＰ，Ａ）
 米国特許出願公開第２０１３／０１１２０１３（ＵＳ，Ａ１）
 特開平０５－０３４２５２（ＪＰ，Ａ）
- (58)調査した分野 (Int.Cl., ＤＢ名)
- Ｇ０１Ｎ ３／００
 Ｇ０１Ｎ ３／２４
 Ｇ０１Ｎ １５／０８