

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5804469号
(P5804469)

(45) 発行日 平成27年11月4日(2015.11.4)

(24) 登録日 平成27年9月11日(2015.9.11)

(51) Int. Cl.	F 1		
GO 1 N 3/02 (2006.01)	GO 1 N 3/02	Z	
GO 1 N 3/08 (2006.01)	GO 1 N 3/08		
GO 1 N 3/22 (2006.01)	GO 1 N 3/22		
GO 1 N 3/34 (2006.01)	GO 1 N 3/34	D	

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2011-77656 (P2011-77656)	(73) 特許権者	593006630 学校法人立命館 京都府京都市中京区西ノ京東梅尾町8番地
(22) 出願日	平成23年3月31日(2011.3.31)	(73) 特許権者	504237050 独立行政法人国立高等専門学校機構 東京都八王子市東浅川町701番2
(65) 公開番号	特開2012-211823 (P2012-211823A)	(74) 代理人	100111855 弁理士 川崎 好昭
(43) 公開日	平成24年11月1日(2012.11.1)	(72) 発明者	伊藤 隆基 福井県福井市文京3丁目9番1号 国立大学法人福井大学内
審査請求日	平成26年3月28日(2014.3.28)	(72) 発明者	中澤 理史 福井県福井市文京3丁目9番1号 国立大学法人福井大学内
特許法第30条第1項適用	研究集会名 平成22年度 博士前期課程 公聴会 主催者名 国立大学法人福井 大学大学院工学研究科 開催日 平成23年2月17日		
特許法第30条第1項適用	発行者名 国立大学法人福 井大学大学院工学研究科 刊行物名 2010(平成2 2)年度 学位論文要旨集(博士前期課程) 発行年月 日 平成23年2月17日		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多軸負荷試験装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

構造材料からなる供試体に対して荷重を印加して多軸状態で負荷試験を行う多軸負荷試験装置であって、前記供試体に対して軸方向に荷重を印加する軸圧印加部と、前記供試体を収容する収容孔が形成されるとともに当該収容孔に収容された前記供試体の周囲に作動流体を貯留する圧力容器部と、前記供試体を軸方向に移動させて前記収容孔と前記供試体との間に形成された作用空間の容積を増加又は減少させることで前記作動流体により前記供試体の外周に外圧を印加する外圧印加部とを備えている多軸負荷試験装置。

【請求項2】

前記供試体に印加される軸方向の荷重を検知する軸圧検知センサと、前記供試体に印加される外圧を検知する外圧検知センサと、前記軸圧検知センサからの検知信号に基づいて前記軸圧印加部をフィードバック制御する軸圧制御回路と、前記外圧検知センサからの検知信号に基づいて前記外圧印加部をフィードバック制御する外圧制御回路とを備えている請求項1に記載の多軸負荷試験装置。

【請求項3】

前記軸圧印加部に取り付けられるとともに前記供試体の内部空間に貯留する作動流体により前記供試体に内圧を印加する内圧印加部を備えている請求項1又は2に記載の多軸負荷試験装置。

【請求項4】

前記外圧印加部に取り付けられるとともに前記外圧印加部の作動体を回転させて当該作

10

20

動体に接続固定された前記供試体にねじり荷重を印加するねじり印加部を備えている請求項 1 から 3 のいずれかに記載の多軸負荷試験装置。

【請求項 5】

構造材料からなる供試体に対して荷重を印加して多軸状態で負荷試験を行う多軸負荷試験方法であって、圧力容器部に形成された収容孔に前記供試体を収容して当該収容孔に収容された前記供試体の周囲に作動流体を貯留し、前記供試体を軸方向に移動させて前記収容孔と前記供試体との間に形成された作用空間の容積を増加又は減少させることで前記作動流体により前記供試体の外周に外圧を印加し、前記供試体に対して軸方向に荷重を印加して負荷試験を行う多軸負荷試験方法。

【請求項 6】

前記供試体に印加される外圧を検知する外圧検知センサからの検知信号に基づいて印加する外圧が設定条件に合致するようにフィードバック制御を行い、前記供試体に印加される軸方向の荷重を検知する軸圧検知センサからの検知信号に基づいて軸方向の荷重が設定条件に合致するようにフィードバック制御を行う請求項 5 に記載の多軸負荷試験方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、構造物、部材、部品等に用いられる構造材料の多軸負荷試験装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

構造物、部材、部品等に用いられる構造材料の代表的なものとして金属材料が挙げられるが、金属材料を構造材料として用いる場合、構造材料として必要となる耐久性を検証するために様々な試験が行われている。その中で機械的な試験としては、引張試験、圧縮試験、曲げ試験、ねじり試験といった材料に様々な負荷を与えて機械的な強度を測定する試験が行われており、また、こうした負荷を繰り返し与えて材料に生じる破壊現象等を分析する疲労試験が行われている。

【0003】

機械的な負荷を材料に与える負荷試験では、材料に対して軸荷重、曲げ荷重又はねじり荷重といった負荷を与えることで材料内部に様々な負荷状態を実現している。材料内部の負荷状態は、一般に応力及びひずみの状態で表わされるが、主応力又は主ひずみの方向が 1 つの軸方向にのみ作用する場合には単軸状態と称され、主応力又は主ひずみが複数の軸方向に作用する場合には多軸状態と称されている。そして、実際の構造材料における負荷状態は、ほとんどの場合多軸状態であることが知られている。

【0004】

したがって、構造材料に関する機械的強度を検証するためには、構造材料を多軸状態に設定して試験を行う必要がある。こうした多軸状態による構造材料の試験方法としては、例えば、特許文献 1 では、互いに独立して作用する回転曲げ荷重負荷機構と、ねじり荷重負荷機構と、軸方向荷重負荷機構とを備え、各負荷機構を単独又は複数で同時に作用させるように作動することができる疲労試験装置が記載されている。また、特許文献 2 では、薄肉中空円筒状の試験片の軸方向の引張荷重及び圧縮荷重、試験片の軸を回転中心とするねじり荷重、及び試験片の内部及び外部からの内外圧荷重の 3 種類の荷重を組み合わせる負荷を与える多軸負荷試験機が記載されている。また、円筒状の試験片に対して内圧又は外圧を付与する試験装置としては、例えば、特許文献 3 では、鋼管の端部が圧力ベッセルから外に突き出すように取り付けられ、圧力ベッセルに穿設された外圧水供給ポートから水を供給して鋼管に外圧を印加するようにした外圧負荷試験装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開昭 50 - 142279 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開昭57-072042号公報

【特許文献3】特開2001-074624号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

発電所や化学プラントの配管部では、内部流体の移動や圧力の変化等による機械的負荷及び内部流体の温度変化による熱負荷を受けて複雑な負荷状態となり、こうした負荷状態では、配管を構成する管体の内部において主応力及び主ひずみの方向が時間的に変化する非比例負荷の状態が生じることが知られている。非比例負荷の状態では、主応力及び主ひずみの方向が固定された比例負荷の状態よりも構造材料の強度が低下しやすくなるため、
10 実際の使用状態での構造材料の強度を検証するには、非比例負荷の状態での負荷試験を行うことが望ましい。

【0007】

上述した特許文献に記載された試験装置では、多軸状態に設定可能であるものの実際の使用状態に近い非比例負荷の状態のような複雑な負荷状態に設定することは難しい。例えば、特許文献2では、軸方向の荷重、ねじり荷重及び内外圧荷重を中空円筒状の試験片に印加するようになっているが、内圧及び外圧については、外部の油圧装置から試験片の内側及び外側に油を供給して油圧を印加することで負荷状態を設定している。そのため、油圧を供給する配管が必要となるが、配管の強度以上の高圧状態とすることができないため、
20 内圧及び外圧を高圧に設定することが難しくなる。また、内圧及び外圧を変化させる場合に、配管を通して油圧制御を行うため内圧及び外圧を高速で正確に変化させることが難しく、実際の使用状態に近い負荷状態で精度のよい負荷試験を行う点で難点がある。

【0008】

そこで、本発明は、多軸状態で精度のよい負荷試験を行うことができる多軸負荷試験装置及び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】

【0009】

本発明に係る多軸負荷試験装置は、構造材料からなる供試体に対して荷重を印加して多軸状態で負荷試験を行う多軸負荷試験装置であって、前記供試体に対して軸方向に荷重を印加する軸圧印加部と、前記供試体を収容する収容孔が形成されるとともに当該収容孔に
30 収容された前記供試体の周囲に作動流体を貯留する圧力容器部と、前記供試体を軸方向に移動させて前記収容孔と前記供試体との間に形成された作用空間の容積を増加又は減少させることで前記作動流体により前記供試体の外周に外圧を印加する外圧印加部とを備えている。さらに、前記供試体に印加される軸方向の荷重を検知する軸圧検知センサと、前記供試体に印加される外圧を検知する外圧検知センサと、前記軸圧検知センサからの検知信号に基づいて前記軸圧印加部をフィードバック制御する軸圧制御回路と、前記外圧検知センサからの検知信号に基づいて前記外圧印加部をフィードバック制御する外圧制御回路とを備えている。さらに、前記軸圧印加部に取り付けられるとともに前記供試体の内部空間に貯留する作動流体により前記供試体に内圧を印加する内圧印加部を備えている。さらに、
40 前記外圧印加部に取り付けられるとともに前記外圧印加部の作動体を回転させて当該作動体に接続固定された前記供試体にねじり荷重を印加するねじり印加部を備えている。

【0010】

本発明に係る多軸負荷試験方法は、構造材料からなる供試体に対して荷重を印加して多軸状態で負荷試験を行う多軸負荷試験方法であって、圧力容器部に形成された収容孔に前記供試体を収容して当該収容孔に収容された前記供試体の周囲に作動流体を貯留し、前記供試体を軸方向に移動させて前記収容孔と前記供試体との間に形成された作用空間の容積を増加又は減少させることで前記作動流体により前記供試体の外周に外圧を印加し、前記供試体に対して軸方向に荷重を印加して負荷試験を行う。さらに、前記供試体に印加される外圧を検知する外圧検知センサからの検知信号に基づいて印加する外圧が設定条件に合致するようにフィードバック制御を行い、前記供試体に印加される軸方向の荷重を検知す
50

る軸圧検知センサからの検知信号に基づいて軸方向の荷重が設定条件に合致するようにフィードバック制御を行う。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、上記のような構成を有することで、多軸状態で精度のよい負荷試験を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係る実施形態に関する概略構成図である。

【図2】圧力容器部に関する部分拡大図である。

【図3】図1で説明した実施形態の動作制御に関するブロック構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明に係る実施形態について詳しく説明する。図1は、本発明に係る実施形態に関する概略構成図である。多軸負荷試験装置は、基台1の上面に支持フレーム2が立設されており、支持フレーム2に上部取付台3及び下部取付台4が支持されている。上部取付台3及び下部取付台4のほぼ中間には圧力容器部5が支持フレーム2に支持固定されている。

【0014】

上部取付台3の上面には、軸荷重を印加するための軸圧印加部6が支持固定されており、軸圧印加部6の上部には内圧印加部7が設けられている。軸圧印加部6は、内部に油圧用の作動油を貯留するシリンダ部60が軸方向を軸圧印加方向（上下方向）に沿うように形成されており、シリンダ部60内にはピストン部61が軸圧印加方向（上下方向）に摺動可能に設けられている。そして、ピストン部61の軸圧印加側に作動体62が延設されており、作動体62はシリンダ部60及び取付台3に形成された取付孔から下方に突き抜けて軸圧印加方向に移動可能に取り付けられている。また、ピストン部61の軸圧印加側とは反対側に連結体63が上方に延設されており、後述するように、連結体63の先端部が内圧印加部7に挿入されている。

【0015】

シリンダ部60の内部には、図示せぬ油圧ポンプから作動油が油路64を介してピストン部61の上下両側の作動空間に供給される。そして、上側作動空間への作動油の油圧及び下側作動空間への作動油の油圧を制御することで、ピストン部61を上下動させて作動体62を介して供試体100に対して油圧による軸圧を印加するようになっている。

【0016】

内圧印加部7は、内部に油圧用の作動油を貯留するシリンダ部70が軸方向を軸圧印加方向（上下方向）に沿うように形成されており、シリンダ部70内にはピストン部71が軸圧印加方向（上下方向）に摺動可能に設けられている。そして、ピストン部71の内部には、油貯留部72が形成されており、油貯留部72から下方に向かって軸圧印加方向に沿ってピストン部71内に形成された取付孔に連結体63が摺動可能に挿入されている。連結体63、ピストン部61及び作動体62には、中心軸に沿って連通油路73が貫通するように形成されており、連通油路73は、後述する供試体100の内部空間と油貯留部72との間を連通するようになっている。

【0017】

シリンダ部70の内部には、図示せぬ油圧ポンプから作動油が油路74を介してピストン部71の上下両側の作動空間に供給される。そして、上側作動空間への作動油の油圧及び下側作動空間への作動油の油圧を制御することで、ピストン部71を上下動させて油貯留部72を連結体63に対して上下動させるようにすることができる。

【0018】

油貯留部72内を作動油で満たした状態では、油貯留部72が連結体63に対して下方に移動した場合、連結体63の先端部が油貯留部72の内部にさらに挿入されて油貯留部

10

20

30

40

50

7 2 内の容積が減少し、減少した容積分の作動油が連通路 7 3 を流通して供試体 1 0 0 の内部空間に流出するようになる。また、油貯留部 7 2 が連結体 6 3 に対して上方に移動した場合には、連結体 6 3 の先端部における油貯留部 7 2 内への挿入部分が短くなってその分だけ油貯留部 7 2 内の容積が増加し、供試体 1 0 0 内の作動油が連通路 7 3 を流通して油貯留部 7 2 内に流入するようになる。したがって、ピストン部 7 1 を上下動することで、油貯留部 7 2 内と供試体 1 0 0 の内部空間との間で作動油を流通させて供試体 1 0 0 に内圧を印加するようになっている。

【 0 0 1 9 】

圧力容器部 5 には、中央部分に供試体 1 0 0 を収容するための収容孔 5 0 が貫通して形成されている。図 2 は、圧力容器部 5 に関する部分拡大図である。供試体 1 0 0 は、略円筒状で中央部分が薄肉となるように絞られた形状となっている。下側支持部 1 0 1 及び上側支持部 1 0 2 は厚肉に形成されており、図示していないがシール用の O リングを装着するための溝が形成されている。そして、上側支持部 1 0 2 よりも下側支持部 1 0 1 の外径が大きくなるように設定されている。また、供試体 1 0 0 の内部には、所定の内径で中心軸に沿って内部空間 1 0 4 が形成されている。供試体 1 0 0 の形状は、構造材料に生じる多軸負荷状態に相当する負荷状態が印加されるように外形寸法や肉厚を設定すればよい。

【 0 0 2 0 】

収容孔 5 0 は、下部において供試体 1 0 0 の下側支持部 1 0 1 の外径とほぼ一致するように円形状に形成されており、上部に行くに従い拡径して供試体 1 0 0 の上側支持部 1 0 2 の外径よりも広い円形状に設定され、供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 に外圧を印加するための作動油を貯留する作用空間が形成される。収容孔 5 0 の上側開口は蓋体 5 1 で密閉されており、蓋体 5 1 の中央部分には、供試体 1 0 0 の上側支持部 1 0 2 の外径とほぼ一致するように取付孔 5 1 a が形成されている。

【 0 0 2 1 】

そして、収容孔 5 0 の下部に供試体 1 0 0 の下側支持部 1 0 1 を密着させるように配置するとともに取付孔 5 1 a に供試体 1 0 0 の上側支持部 1 0 2 を密着させるように配置することで、作動油を貯留する作用空間が供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 の周囲に水密状態に設定される。蓋体 5 1 には、作用空間と連通する一対の連通路 5 1 b 及び 5 1 c が穿設されており、一方の連通路から作動油を供給していき、その際に他方の連通路から内部の空気を抜くようにすることで、作用空間内を作動油で満たすことができる。そして、作動油を満たした状態で連通路の一方を密閉栓等で閉鎖し、他方の連通路に後述する外圧検知センサを取り付けることで、印加される外圧を検知することができる。

【 0 0 2 2 】

蓋体 5 1 から上方に突出した状態に設定された供試体 1 0 0 の上側支持部 1 0 2 には、作動体 6 2 が接続固定されており、作動体 6 2 の内部に形成された連通路 7 3 と供試体 1 0 0 の内部空間 1 0 4 とが接続されて連通した状態となる。また、圧力容器部 5 から下方に突出した状態に設定された供試体 1 0 0 の下側支持部 1 0 1 の下面には、当接体 5 2 が密着した状態で取り付けられる。当接体 5 2 の内部には供試体 1 0 0 の内部空間 1 0 4 と接続して連通する連通路 5 2 a が形成されており、連通路 5 2 a の一端が外部に開口して供給口となっている。また、図 1 では図示されていないが、油貯留部 7 2 と外部を連通する流通管が内圧印加部 7 に設けられており、連通路 5 2 a の供給口から作動油を流入させて、内部空間 1 0 4 から連通路 7 3 を通って油貯留部 7 2 内に流入させて流通管から作動油を流出させるように循環させる。そして、油貯留部 7 2、連通路 7 3、内部空間 1 0 4 及び連通路 5 2 a 内が作動油で満たされた空気の抜けた状態に設定した後、連通路 5 2 a 及び流通管を栓により封止する。こうして、油貯留部 7 2、連通路 7 3 及び内部空間 1 0 4 全体を作動油で満たした状態に設定することができる。

【 0 0 2 3 】

下部取付台 4 の下面には、外圧を印加するための外圧印加部 8 が支持固定されており、外圧印加部 8 の下部には、ねじり荷重を印加するためのねじり印加部 9 が設けられている。外圧印加部 8 は、内部に油圧用の作動油を貯留するシリンダ部 8 0 が軸方向を軸圧印加

10

20

30

40

50

方向（上下方向）に沿うように形成されており、シリンダ部 8 0 内にはピストン部 8 1 が軸圧印加方向（上下方向）に摺動可能に設けられている。そして、ピストン部 8 1 の軸圧印加側に作動体 8 2 が延設されており、作動体 8 2 はシリンダ部 8 0 及び下部取付台 4 に形成された取付孔から上方に突き抜けて軸圧印加方向に移動可能に取り付けられている。作動体 8 2 の上端部に接続体 8 3 を介して当接体 5 2 に接続固定されている。また、ピストン部 8 1 の軸圧印加側とは反対側には、ねじり印加部 9 の回転駆動体 9 1 が接続固定されて下方に延設されている。

【 0 0 2 4 】

シリンダ部 8 0 の内部には、図示せぬ油圧ポンプから作動油が油路 8 4 を介してピストン部 8 1 の上下両側の作動空間に供給される。そして、上側作動空間への作動油の油圧及び下側作動空間への作動油の油圧を制御することで、ピストン部 8 1 を上下動させて作動体 8 2 を介して接続体 8 3 及び当接体 5 2 に接続された供試体 1 0 0 に油圧を印加するようになっている。

10

【 0 0 2 5 】

外圧印加部 8 により供試体 1 0 0 を押し上げるように作用させる場合、供試体 1 0 0 の下側支持部 1 0 1 が圧力容器 5 の作用空間内に進入していき、下側支持部 1 0 1 が進入した分だけ作用空間の容積が減少する。一方、供試体 1 0 0 の上昇に伴って上側支持部 1 0 2 が上方に移動する分だけ作用空間の容積が増加するが、下側支持部 1 0 1 の外径が上側支持部 1 0 2 の外径よりも大きいため下側支持部 1 0 1 の進入分による容積減少の方が大きくなり、供試体 1 0 0 の上昇により作用空間全体の容積は減少する。また、供試体 1 0 0 の下降により作用空間全体の容積は増加するようになる。したがって、外圧印加部 8 により供試体 1 0 0 を上下動させることで、作用空間の容積を増減させて内部に充満した作動油の油圧を調整することができ、供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 の外周に加わる外圧を調整することが可能となる。

20

【 0 0 2 6 】

圧力容器部 5 に形成した収容孔 5 0 内に作動油を充満させて供試体 1 0 0 の上下動により作用部 1 0 3 に外圧を印加するように構成しているため、少量の作動油で外圧印加を行うことができ、装置のコンパクト化を図るとともに装置の安全性を向上させることが可能となる。また、供試体 1 0 0 の上下動により直接外圧を変動させることができるので、高圧に設定することが可能で、高速かつ正確な外圧変動を行うことが可能となる。また、作動油が少量で外部からの出入りがないため温度管理が容易になり、高精度で様々な試験条件の設定ができ、幅広い構造材料の多軸負荷試験を行うことが可能となる。

30

【 0 0 2 7 】

ねじり印加部 9 は、回転駆動体 9 1 の周囲に油貯留体 9 0 が設けられており、回転駆動体 9 1 は油貯留体 9 0 に対して軸方向に摺動可能となるように設定されている。そして、油貯留体 9 0 に外部から油圧ポンプ等により作動油が供給されて回転駆動体 9 1 を軸回りに回転動作させる。例えば、油貯留体 9 0 内に形成された作動空間に回転駆動体 9 1 の周囲に羽根状の作動部分を形成しておき、作動部分に作動油の圧力を作用させることで、回転駆動体 9 1 を軸回りに回転させることができる。

【 0 0 2 8 】

回転駆動体 9 1 の回転動作によりピストン部 8 1 及び作動体 8 2 も一体となって回転するようになり、作動体 8 2 から接続体 8 3 及び当接体 5 2 を介して供試体 1 0 0 の下側支持部 1 0 1 を軸回りに回転させるように作用する。供試体 1 0 0 の上側支持部 1 0 2 は、作動体 6 2 に接続固定されているため、供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 には、上側支持部 1 0 2 が軸回りの回転に対して固定された状態での下側支持部 1 0 1 の軸回りの回転動作に伴うねじり荷重が印加されるようになる。

40

【 0 0 2 9 】

供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 の外周面には、図示されていないが、軸方向のひずみ、周方向のひずみ及びねじりひずみを検知する複数のひずみゲージが予め貼付されて収容されており、これらのひずみゲージからの検知信号に基づいて負荷試験中の供試体 1 0 0 の荷

50

重による変化をリアルタイムで検知することができる。また、軸方向の荷重を検知するために上部取付台3の下面にロードセル等の軸圧検知センサS1が取り付けられており、軸圧印加部6により印加される軸方向の荷重を常時検知するようになっている。また、圧力容器5の収容孔50に連通する蓋体51の連通路51cには、開口部分に圧力計等の外圧検知センサS2が取り付けられており、収容孔50内の油圧を常時検知するようになっている。また、作動体62には、軸方向と直交する方向に連通路73と連通する連通路が形成されており、その連通路の開口部分に圧力計等の内圧検知センサS3が取り付けられている。内圧検知センサS3は、供試体100の内部空間104内の油圧を常時検知するようになっている。また、接続体83の内部には軸・トルク力計等を用いてねじり量を検知するねじり検知センサS4が配置されており、供試体100に印加されるねじり荷重を常時検知するようになっている。なお、軸・トルク力計を用いることで、軸方向の荷重についても検知することができる。

10

【0030】

供試体100を試験装置にセットする場合には、まず、供試体100を圧力容器部5の収容孔50内に挿入し、供試体100の下側支持部101を当接体52の上面に接続固定し、上側支持部102を作動体62の下面に接続固定する。そして、供試体100の内部空間104に作動油を注入するとともに収容孔50内に作動油を注入して供試体100の作用部103の内側及び外側を作動油で満たした状態に設定する。

【0031】

次に、内圧印加部7を動作させてピストン部71を下方に移動させ、供試体100の内部空間104内の圧力が所定の内圧となるまで動作させる。そして、外圧印加部8を動作させてピストン部81を上方に移動させて作動体82により供試体100を押し上げるように作用させ、収容孔50内の作用空間の圧力が所定の外圧となるまで動作させる。その際に、軸圧印加部6の作動体62は、作動体82の上昇動作に連動して上昇するように動作させる。また、作動体62の移動に伴い内圧印加部7で生じる内圧が変化するが、内圧検知センサS3の検知信号に基づいてフィードバック制御を行うことで所定の内圧に維持される。

20

【0032】

内圧及び外圧を所定の圧力に設定した状態で、軸圧印加部6を動作させてピストン部61を下方に移動させ、供試体100に所定の軸圧が印加されるまで動作させる。その際に供試体100が押し下げられるようになるが、外圧印加部8では、外圧検知センサS2の検知信号に基づいてフィードバック制御を行うことで、所定の外圧に維持される。同様に、作動体62の移動に伴い内圧印加部7で生じる内圧が変化するが、フィードバック制御により所定の内圧に維持される。

30

【0033】

内圧、外圧及び軸圧を所定の圧力に設定した状態で、ねじり印加部9を動作させて回転駆動体91を回転させ、所定のねじり量だけ供試体100の下側支持部101を軸回りに回転するよう動作させる。

【0034】

以上のように、軸圧印加部6、内圧印加部7、外圧印加部8及びねじり印加部9をそれぞれ独立して動作させるとともに各印加部を各検知センサの検知信号に基づいてフィードバック制御することで所定の圧力状態又はねじり状態に維持することができ、任意の複雑な応力状態を容易に実現することが可能となる。また、供試体100の一方の側から軸圧印加部6により軸方向に押圧し、他方の側から外圧印加部8により軸圧印加部6とは反対方向に押圧するように構成されているので、供試体100を安定した状態で軸圧及び外圧をフィードバック制御により所定の圧力状態に設定することができる。

40

【0035】

そして、供試体100の作用部103に軸方向の荷重、ねじり荷重及び内外圧荷重を高精度で印加して様々な多軸状態で負荷試験を安定して行うことができる。また、疲労試験を行う場合でも各印加部を独立して動作制御することで、正確に各荷重を独立して繰り返

50

し変化させることもでき、精度の高い疲労試験を行うことができる。また、応答速度を高速化して各荷重を変化させることも可能で、幅広い条件設定で負荷試験を行うことが可能となる。

【 0 0 3 6 】

図 3 は、図 1 で説明した実施形態の動作制御に関するブロック構成図である。多軸負荷試験装置は、装置本体 2 0 0 及び制御装置 3 0 0 から構成されており、装置本体 2 0 0 については、図 1 及び図 2 を用いて既に詳述したので、説明を省略する。制御装置 3 0 0 は、装置の全体を制御する制御部 3 1 0、負荷試験に必要な設定データ等を入力する入力部 3 1 1、試験結果等を表示する表示部 3 1 2、装置の制御に必要なプログラムやデータ等を記憶する記憶部 3 1 3、及び、ひずみゲージ、検知センサからの検知信号を受信するとともに各印加部の制御回路に制御信号を送信する送受信部 3 1 4 を備えている。また、各印加部の動作制御を行うために、軸圧印加部 6 を動作制御する軸圧制御回路 3 2 0、ねじり印加部 9 を動作制御するねじり制御回路 3 2 1、外圧印加部 8 を動作制御する外圧制御回路 3 2 2、及び、内圧印加部 7 を動作制御する内圧制御回路 3 2 3 を備えており、軸圧及びねじりによるフィードバック制御又はひずみによるフィードバック制御に切り換える切替回路 3 3 0 を備えている。

10

【 0 0 3 7 】

制御部 3 1 0 は、条件設定部 3 1 0 a、検知データ処理部 3 1 0 b 及び解析部 3 1 0 c を備えており、条件設定部 3 1 0 a では、入力部 3 1 1 からの入力データ及び記憶部 3 1 3 に記憶された設定データ、検知データ及び算出データ等に基づいて負荷試験を行うための条件設定を行い、送受信部 3 1 4 を介して各制御回路に設定条件に応じた制御信号を送信する。検知データ処理部 3 1 0 b では、供試体 1 0 0 の作用部 1 0 3 に設けられたひずみゲージ S 5 及び S 6、外圧及び内圧を検知する検知センサ S 2 及び S 3、軸圧及びねじり量を検知する検知センサ S 1 及び S 4 から送信される検知データに基づいてデータ処理を行い、供試体 1 0 0 に作用する各種応力成分（軸方向主応力、周方向主応力、せん断応力等）、各種ひずみ成分（軸方向ひずみ、周方向ひずみ、せん断ひずみ等）を算出する。そして、得られた検知データ及び算出データは記憶部 3 1 3 に記憶する。解析部 3 1 0 c では、記憶部 3 1 3 に記憶された検知データ、算出データ等の試験結果に基づいてデータの解析を行う。

20

【 0 0 3 8 】

外圧制御回路 3 2 2 は、外圧検知センサ S 2 の検知信号が入力されて外圧を設定条件に合致するようにフィードバック制御を行う。また、内圧制御回路 3 2 3 は、内圧検知センサ S 3 の検知信号が入力されて内圧を設定条件に合致するようにフィードバック制御を行う。軸圧制御回路 3 2 0 及びねじり制御回路 3 2 1 は、切替回路 3 3 0 からのフィードバック信号に基づいてフィードバック制御を行う。軸圧及びねじりによるフィードバック制御の場合には、軸圧検知センサ S 1 の検知信号が軸圧制御回路 3 2 0 に入力されて軸圧を設定条件に合致するようにフィードバック制御され、ねじり検知センサ S 4 の検知信号がねじり制御回路 3 2 1 に入力されてねじり量を設定条件に合致するようにフィードバック制御が行われる。また、ひずみによるフィードバック制御の場合には、軸方向のひずみを検知するひずみゲージ S 5 の検知信号が軸圧制御回路 3 2 0 に入力されて軸圧を設定条件に合致するようにフィードバック制御され、ねじりによるひずみを検知するひずみゲージ S 6 の検知信号がねじり制御回路 3 2 1 に入力されてねじり量を設定条件に合致するようにフィードバック制御が行われる。

30

40

【 0 0 3 9 】

以上説明した実施形態では、圧力容器部 5、軸圧印加部 6、外圧印加部 8 及びねじり印加部 9 において作動油を用いて油圧により荷重を印加するようにしているが、油圧以外の方法により荷重を印加するものであってもよく、特に限定されない。例えば、気体等の作動流体を用いた圧力印加装置、電磁作用により動作する圧力印加装置といった装置を用いることもできる。

【 0 0 4 0 】

50

また、圧力容器部 5、軸圧印加部 6、内圧印加部 7、外圧印加部 8 及びねじり印加部 9 は、上部取付台 3 や下部取付台 4 に取り外し可能に取り付けられているため、様々な負荷試験に応じて各部を適宜取り付けることで負荷試験に合わせた装置構成に容易に変更することができる。例えば、軸圧印加部 6、内圧印加部 7、外圧印加部 8 及びねじり印加部 9 を取り付けて装置構成すれば、内圧荷重、軸方向の荷重及びねじり荷重を組み合わせた負荷試験を行うことが可能となり、内圧印加部 7 を省略すれば、軸方向の荷重及びねじり荷重を組み合わせた負荷試験を行うことが可能となる。この場合、ねじり検知センサ S 4 として、軸・トルク力計を用いることで、軸方向の荷重及びねじり荷重の両方を検知することができる。

【 0 0 4 1 】

また、本発明では、供試体 1 0 0 の外形を円筒状以外の様々な形状に形成して負荷試験を行うこともでき、例えば、角柱状や角筒状に形成したものでも負荷試験を行うことが可能である。そして、内部空間のない中実体の場合でも、ねじり荷重及び内圧荷重以外を印加する負荷試験を行うことができる。

【符号の説明】

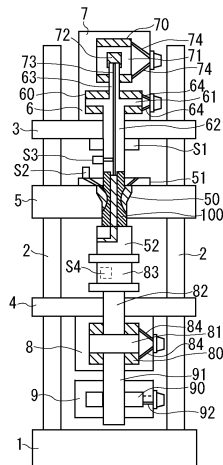
【 0 0 4 2 】

1・・・基台、2・・・支持フレーム、3・・・上部取付台、4・・・下部取付台、5・・・圧力容器部、6・・・軸圧印加部、7・・・内圧印加部、8・・・外圧印加部、9・・・ねじり印加部、50・・・収容孔、100・・・供試体、S1・・・軸圧検知センサ、S2・・・外圧検知センサ、S3・・・内圧検知センサ、S4・・・ねじり検知センサ

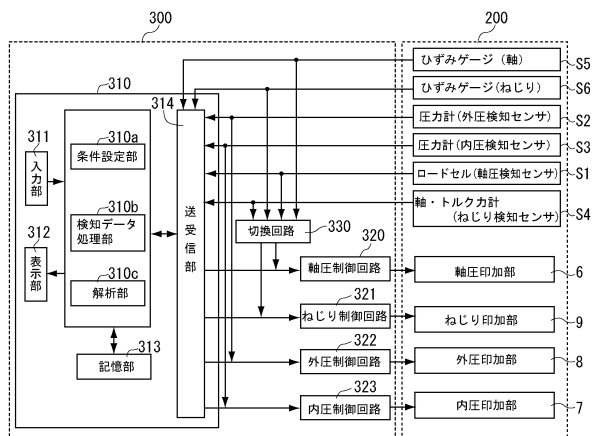
10

20

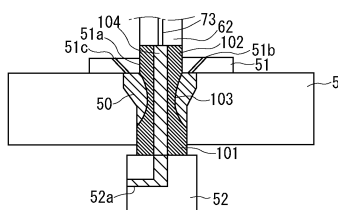
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 旭吉 雅健

石川県河北郡津幡町北中条タ1 独立行政法人国立高等専門学校機構 石川工業高等専門学校内

審査官 萩田 裕介

(56)参考文献 特開昭61-233341(JP,A)
特開昭59-125039(JP,A)
特開2000-314691(JP,A)
米国特許第04679441(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 3/00 - 3/62