二重円筒式, 回転軸自動バランス・モデルの釣合わせ効果*

飯島 弘^{*1}, 鈴木孝典^{*2}, 後藤秋次^{*1}Balancing Effect of Double Cylindrical Vessel Type
Automatic Rotor Balancer

Hiroshi IJIMA, Takanori SUZUKI and Shūji GOTO

For rotational machines inducing new unbalance under service conditions, some different procedure from the usual balancing machines may be expected. For the above purpose, in this paper, an automatic liquid balancer, being improved from the previous reports, is proposed, the device consists of double cylindrical vessels. The inner vessel contains liquid available to compensate for rotor unbalance, and the outer vessel provides four sets of suction pipes and reservoirs. The results of experimental study are as follows. To control the liquid flow, a dam is necessary and, as for its shape, an oblique dam is the most effective. The device proposed is confirmed to be useful for balancing the rotor, and the whirling amplitude after balancing decreases to almost a constant value in spite of the location and size of the unbalance.

Key Words: Vibration of Rotating Body, Balancing, Mechanism, Liquid Balancer

1. 結 言

回転体の稼働中に発生する不釣合いを自動的に消去できるような装置として考案されたのが, 不釣合いによって発生する振れ回り振幅を検知して, 液体を不釣合いの反対側にあるリザーバへ導き, 釣合わせ質量とすることによって, 自動的に回転体の不釣合いを修正する自動バランスである。この実現の可能性については, すでにサイホンの作用を利用した方式⁽¹⁾, 遠心力場での液体の圧力を利用した方式⁽²⁾が報告されており, また, 一つの円筒に吐出弁とリザーバを複数個設けることにより, 通常大きさ, 方向が未知である不釣合いに対応できる可能性も解析によって確かめられている⁽²⁾。

ただ, この単円筒を用いた方式では複数個の弁機構の動きを均一にすることが製作上難しいため, 弁と吸口を分けた二重円筒式を考案した。すなわち, ただ一つの吐出弁をもつ内筒に液体を入れ, 外筒には複数個の吸口を設けたものである。本報はこの方式の一次危

険速度以下での静釣合わせ効果と, 未知の不釣合いへの対応の可能性について実験的に検討するものである。

2. 改良した二重円筒式と作動原理

上述の機構をもつ自動バランス本体のモデルを図1に示す。釣合わせた後に円筒内に液体が残らぬよう内筒の吐出弁, 外筒の吸口の高さをそれぞれの円筒の内面に一致させてある。また, 吐出弁から流出した液体を, 外筒内壁に沿って流れる際, 不釣合い方向にある吸口を選択して流入させ, これ以外の吸口に入らぬよ

図1 バランス本体

* 原稿受付 平成2年4月3日。

*¹ 正員, 法政大学工学部 (〒184 小金井市梶野町3-7-2)。*² 正員, 新日本製鐵(株)君津製鐵所 (〒299-11 君津市君津1)。

う流れを調整するため、後述するせきを外筒内面に設ける。吸口、パイプ、リザーバを前報⁽²⁾と同じく4組配置してある。

このように改良した装置の作動原理を図2に示す。図2(a)は釣合わせ前である。内筒内の液体は遠心力により円環状になっている。液体の自由表面の円の中心は、回転中心Oと一致し、回転軸中心Sから離れている。図2(b)は釣合わせ開始の状態である。弁が遠心力によって開き、円筒内の液体が外筒内壁へと流出する。さらに、遠心力によって最大たわみ方向へと流れていく。図2(c)では、液体は最大たわみ方向に最も近い吸口へ流入し、パイプを経てリザーバへ入り、釣合わせ質量となる。図2(d)は釣合わせが終了して、O、Sは一致し、なお円筒内に余分の液体が残っている状態である。この後、液体は外筒の各吸口より均等に各リザーバへ入り、図2(e)のように、内筒、外筒の液体がなくなると、作動は終了する。

3. 流れの観察

液体が装置の外壁を流れる時[図2(c)]に、最大たわみに近い吸口方向以外の吸口上を流れる可能性がある。このことを確認し、流れを調整するのに有効なせきの形状を決定するために、流れの観察を行う。

3.1 実験方法 流れの観察が容易なように、図

図2 釣合わせ原理

3に示すような吸口、パイプ、リザーバのない装置を用いる。この装置では、せきのない外筒、図4(a)のように流れに対し90°のせき(以下直角せきと呼ぶ)、図4(b)のように流れに対し45°のせき(以下傾斜せき)をもつ3種類の外筒を用意する。装置はアクリル樹脂製、せきは高さ3mmのゴム製である。

それぞれの外筒に対し、乾燥状態で系全体を釣合わせた後、内筒内に水を封入し、弁が開く回転速度以上で回転させる。弁より流出した水が外筒内壁を流れる状態を、軸に直角の方向から写真に収める。

取付ける不釣合い量は4790 gmm、位置はせきなしは弁より回転方向に180°、直角せき、傾斜せきはともに225°とした。回転数は弁が開く550 rpm以上とした。

3.2 実験結果と検討 撮影は不釣合いの大きさと方向、回転数、シャッター時期などの各種条件のもとで行ったが、せきの有無について代表的な結果を図5に示す。写真の流れのパターンと内筒吐出弁、不釣合い位置との相対関係を示すために、このような表示法を用いた。すなわち、写真の外筒の正面を展開して二つの同心円に挟まれた部分で表したもので、吐出弁(△印)はこの部分の中央に位置する。こうにして、せきと吸口マークの位置も全周にわたって示すことができる。

図3 流れ観察用装置

図4 せき付き外筒

図5(a)はせきを設けない場合で、弁と不釣り合い位置は相対しているから、最大たわみ位置までの流れの経路は回転方向と逆方向とで等しいにもかかわらず、流れは回転の逆方向へ向かっていることがわかる。これは吐出弁からの半径方向の流れがコリオリ力によって曲げられたためと考えられる。その後、外筒内壁では遠心力の周方向成分をうけて最大たわみへ向かって流れたものである。この傾向はせきのある場合も同様である。また、この図からせきがないと、最大たわみ以外の吸口へ流入することがわかる。

図5(b)は直角せきの場合で、やはり回転と逆方向へ流れ、せきの間を満たしながら流れるため、望ましくない吸口へ流入する。

図5(c)は傾斜せきの場で不釣り合いのない状態、図5(d)は不釣り合いをつけたときである。せきに当たって流れは傾斜のためにせきの間を満たすことなく、せきの傾きに沿って端部を流れ、最大たわみ位置の吸口上に溜ることがわかる。

以上の結果から、傾斜せきが流れの調整に有効であることが確かめられた。

4. 釣合わせ効果

改良した二重円筒方式のモデルを用いて釣合わせ効果の検討のための実験を行う。図1の本体を両端が玉軸受で支えられた回転軸の中央に固定する。この装置の乾燥状態での危険速度は1364 rpm である。せきの

効果は前章により予測されているが、せきのないモデルの釣合わせ効果は未知である。ここではせきのないモデルと傾斜せきつきのモデルについて測定を行う。

4.1 実験方法 実験条件は、不釣り合い取付位置を、図1のリザーバAより回転方向に0,15,30,45,90,225°, 不釣り合い量を $U=770, 1420, 2540$ gmm, 回転方向を正、逆両方向とした。いずれの実験においても、不釣り合いを取付けた状態で釣合わせ前の軸の振れ回り振幅を非接触変位計で測定し、次に円筒内に水60 cc を封入して、釣合わせ回転数1110 rpm まで回転を上昇して保持する。図2(e)の状態となった後、振幅を測定する。

4.2 不釣り合い方向の影響 図6は釣合わせ前、後の振れ回り振幅の測定結果を示す。図中の○, □, ◇, △, ▽印はそれぞれ、不釣り合い取付位置45,225,90,0,15,30°を表す。不釣り合い量は、1420 gmm である。白抜きは釣合わせ後、黒は釣合わせ前を示す。不釣り合い方向が変わっても釣合わせ後の振幅はほぼ一定であって、このことは実用上から大変都合がよい。これは傾斜せきが有効に働いたものといえる。また、実線は前報⁽²⁾式(3)を用いた釣合わせ前の振幅の計算値で、実験値はこれによく一致している。

釣合わせ効果を表すものとして釣合わせ前、後の振幅の比を残留不釣り合い率と定義すると、釣合わせ回転数1110 rpm における残留不釣り合い率を図10に示す。

図5 流れの観察

図6 不釣り合い方向の影響 ($U=1420$ gmm)

図7 不釣り合い量の影響(不釣り合い方向45°)

図 8 せきのない場合 ($U=1420$ gmm) 図 9 正転、逆転の比較 ($U=1420$ gmm, 45°)

図の○印は図 6 の結果から(釣合わせ前の振幅は実線による)求めたもので、不釣合い方向にかかわらず、ほぼ一定値 10 % となった。

4.3 不釣合いの大きさの影響 不釣合い方向 45° として、不釣合い量 770, 1420, 2540 gmm の場合の測定結果を図 7 に示す。釣合わせ後の振幅に不釣合いの大きさによる多少の相違が見えるが、ほぼ近い値になっている。このことも実用上から都合のよい結果である。図 10 の残留不釣合い率では、□, ○, ◇ に示されるように不釣合いが大きいと残留不釣合い率としては小さくなる傾向を示すのは、釣合わせ前の振幅の相違に由来するものである。

4.4 せきの効果 せきをつけない時の振幅の測定結果を図 8 に示す。図中の印は図 6 と同じく不釣合い位置を表す。これを傾斜せきつきの図 6 と比較すると、せきがあるほうが釣合わせ後の振幅が高回転側で小さいことがわかる。このことは図 10 (黒はせきなし) の残留不釣合い率の比較でも同様である。また、回転方向が正、逆の場合、水の経路が変わるために、望ましくない吸口へ水が流入する可能性がある。傾斜せきつきの場合、○印が正転、□印が逆転として、測定結果を図 9 に示す。この結果から両者に大きな相違はなく、せきの効果が表れたものといえる。

5. 結 言

遠心力場での液体の圧力を利用して、未知の不釣合いの大きさと方向に対して、釣合わせを自動的に行う装置として、改良した二重円筒式のモデルを製作し、実験を行った。検討の結果、本方式は次のような利点をもつことがわかった。

外筒内壁での液体の流れを観察した結果、

(1) 流入すべき吸口へ液体を導き、他の吸口上を

図 10 残留不釣合い率

液体が流れないように流れを調整するためには、せきが必要である。

(2) せきの形状はその効果に大きく影響し、流れに 45° の傾斜を持たせた傾斜せきが有効である。

傾斜せきをつけた装置による釣合わせ実験を行った結果、

(3) 傾斜せきの効果が再確認された。

(4) 釣合わせ効果は、不釣合いの位置や大きさに関係なくほぼ一定である。

以上のことから、複数個の吸口とリザーバのセット、一つの吐出弁をもつ本方式のバランスは未知の不釣合いに対応できることがわかる。

終わりに、実験に協力された今井、小島、斎藤(章)、斎藤(徹)の諸君に感謝の意を表する。

文 献

- (1) 飯島・後藤、液体を用いた回転軸自動つりあわせ法(第1報)、機論、51-461, C(1985), 50.
- (2) 飯島・後藤・金沢、液体を用いた回転軸自動つりあわせ法(第2報)、機論、55-520, C(1989), 2935.