

DEVELOPMENT OF SUPPORT FOOT FOR PRECISE POSITION ALIGNMENT USING AIRPAD

Kazuaki Togawa^{1,A)}, Takahiro Inagaki^{A)}, Tsumoru Shintake^{A)}, Katsuhiko Inoue^{B)}

^{A)} RIKEN Harima Institute

1-1-1 Kouto, Mikazuki, Sayo, Hyogo, 679-5148

^{B)} ASAHI Kougyousho

214-1 Sugatani, Yano, Aioi, Hyogo, 678-0091

Abstract

The 250 MeV accelerator test facility for the X-ray SASE-FEL project (SCSS Project) is under construction at SPring-8. In order to move and align the heavy components (for example, electron gun, klystrons, beamline tables, etc.) in precisely, we have developed the airpad system, which slides heavy components over the flat surface of the grinded concrete floor. In this paper, we report on the design and test results of the airpad system.

重量物の精密位置決め用エアerpッド開発

1. はじめに

理化学研究所・播磨研究所（RIKEN/SPring-8）では、X線領域の自由電子レーザー研究施設（SCSS）を実現する為に、250MeV試験加速器を建設している[1]。SCSSでは加速器が安定に移動することが絶対条件であるため、加速器コンポーネントを精密にかつ安定に設置することが要求されている。本プロジェクトでは、各種コンポーネント（電子銃、ビームライン定盤、クライストロン等）を、極めて平坦に研削したコンクリート床面に設置し[2]、水平面の移動調整のためにエアerpッドを用いる方式を採用した。本論文においてエアerpッドの開発について報告する。

2. エアerpッドによる位置調整の概念

一般に剛体は、図1に示すように、空間に対して水平方向2軸（Z軸、X軸）、垂直方向（Y軸）、ヨー角、ピッチ角、ロール角の合計6つの自由度を持っているため、決められた位置に設置するためにはこれらを独立に調整しなければならない。それ自体が複雑な構造を持つ加速器コンポーネントに、これらの調整機構を備えると、システムがよりいっそう複雑になってしまう。そこで、我々は重量物コンポーネントにエアerpッドを取り付け、水平かつ極めて平坦に（平坦度 $10\mu\text{m}$ 以下）研削した床面に設置して、圧縮空気により機器を浮上させて位置調整する方式を開発した。浮上量は $10\mu\text{m}$ レベルの僅かな量であるので、床面がこのレベル以下に平坦であれば、僅かな力で機器を平行移動することが可能となる。また、移動後に圧縮空気を止めると、パッドの底面と床面が密着した状態となるので、機器を非常に安定に据付けすることができる。

大きいサイズのコンポーネントには、4個のエ

アerpッドを取り付けるのであるが、それぞれのパッドに高さ調整機構を持たせることにした。これにより、コンポーネントの位置調整の役割分担は、表1の通りとなる。エアerpッドの水平面の微調整には専用治具が別途必要となるものの、これにより全ての調整機構をパッド部に持たせることができ、システムを簡素化することができる。

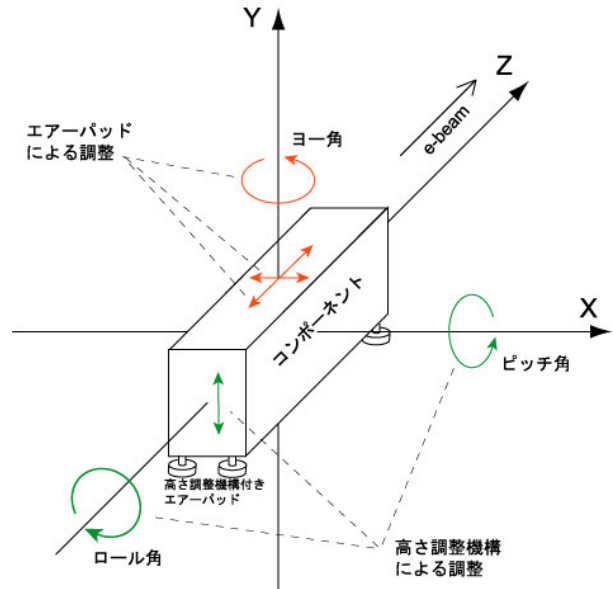


図1：剛体の自由度と調整機構

エアerpッド	高さ調整機構
X 軸	Y 軸
Z 軸	ロール角
ヨー角	ピッチ角

表1：位置調整の役割

¹ E-mail: togawa@spring8.or.jp

3. エアーパッドの基礎開発

ビームライン定盤やクライストロンは2～3 tonの重量物であるため、これらを浮上させてスムーズに動かすためには、エアーパッドの底面の構造が重要になってくる。我々は、これまでに数々の試作器を製作して失敗を繰り返してきたが、最終的には図2に示す2種類のタイプに落ち着いた。一つは定圧力構造型で、パッドの底面全体から一定圧力で浮上させるものである。電気回路のアナロジーから定電圧的な動作をする。もう一つは流量制限構造型で、圧縮空気を細く絞った穴から噴射して浮上させるものであり、定電流的な動作をする。

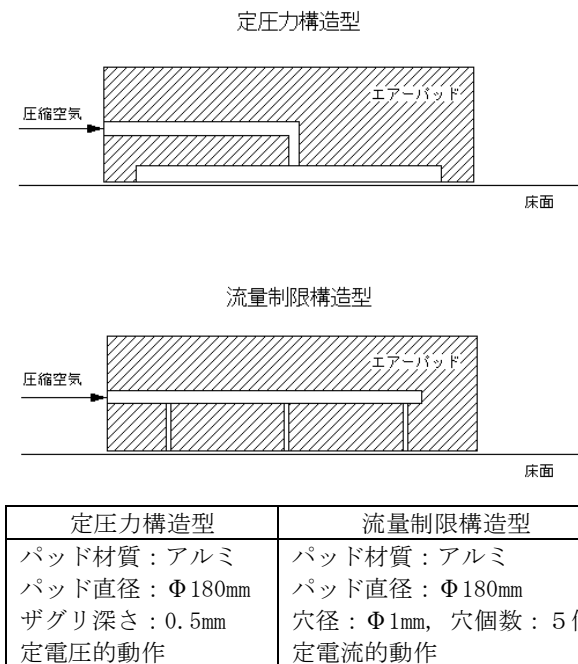


図2：試験したエアーパッドの概念図

これら2種類のエアーパッドの特性を調べる為に、図3に示す加重試験機を用いて浮上試験を行った。試験は下記の要領で行った。

- 1) 加重機にパッドを挟みこんでセットし、規定の圧力を加える。
- 2) エアーコンプレッサーから圧縮空気をパッドに送り込む。空気圧はバルブで調整し、徐々に空気圧を上げていく。
- 3) パッドが手動で回転できるようになる空気圧を記録する。この空気圧は、パッドが基板から浮上し始める圧力であり、浮上することのできる機器の重量の目安を与える。

試験結果を図4に示す。本試験により、下記のことが明らかとなった。

- 1) 定圧力構造では、パスカルの原理から予想される理想的な浮力（空気圧×パッド面積）に近い値を得ることが出来た。しかしながら、空気圧

を上昇すると、パッドが振動してしまい、実用的ではないことが分かった。振動の原因は、圧縮空気のバッファー空洞となったザグリ部分にあると解釈している。つまり、パッドが浮上した瞬間にバッファー内が減圧し、パッドが着地してしまう。着地するとバッファー内が加圧されパッドが浮上する。これが繰り返され振動現象を起こしたと考えられる。

- 2) 流量制限構造では、理想的な浮力の70%程度しか得られなかったものの、バッファーがない為、高い空気圧を与えても振動を起こさずにパッドをスムーズに浮上することが出来た。実用機にはこの構造を採用することにした。



図3：加重試験の様子

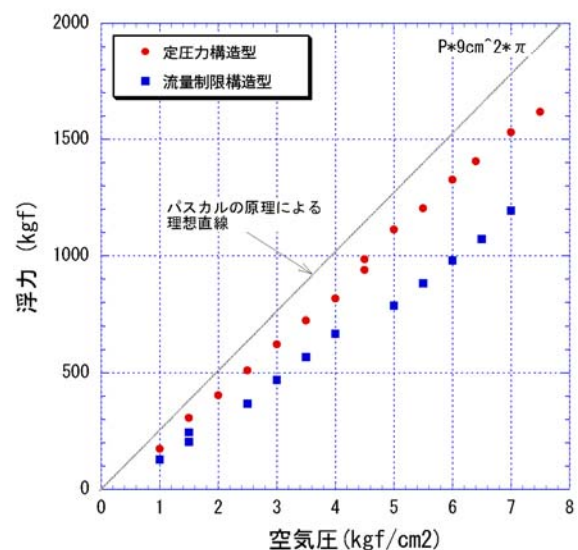


図4：各パッド構造の空気圧と浮力の関係

4. エアーパッドの応用

4.1 クライストロン

一般に、導波管にはベローズのような伸縮部が無い場合、クライストロンパルスタンクをメンテナンスするためには、重量物であるタンク本体を移動して導波管の真空フランジを脱着しなければならない。我々は、初めての試みとしてクライストロンパルスタンクにエアーパッドを装着し、空気浮上によるパルスタンクの移動を行なった。図5にクライストロン装置を示す。本実験には、床面研削装置が完成していなかったため、代わりに厚さ5cmのアルミ板を敷いてその上にクライストロンを設置した。高電界試験ではパルスタンクのメンテナンス等のため導波管のフランジ脱着を数回行なったが、真空リークは一度も起こすことがなかった。



図5：エアーパッドを装着したクライストロン装置

4.2 研削床面における重量物浮上試験

250MeV試験加速器では、各種ビームラインコンポーネント（バンチャー、電磁石、BPMなど）を、石定盤の上に設置する。コンポーネントは、石定盤に精度良く埋め込まれたT溝を基準に並べる。従って、石定盤をあらかじめ基準線に対して真直ぐに設置しておくことが要求される。この石定盤にエアー

パッドを取り付け、平坦に研削したコンクリート床面上でアライメントする予定である。高さ調整のために、市販のレベリングブロックをエアーパッドに取り付けた。石定盤には先端を球面加工した特殊ボルトを取付け、レベリングブロックの上面に掘削したザグリ穴にはめ込む構造とした。これにより、石定盤に傾きがあっても、パッド面を常に床面と平行に密着させることができる。

実用的な加重試験として、フレーム枠に取付けた4個のレベリングブロック付きエアーパッドを研削したコンクリート床面に置き、鉄塊を乗せて浮上試験を行なった（図6）。エアーパッドの材質はステンレスで、直径は $\Phi 220\text{mm}$ である。パッド構造は3章で述べた流量制限構造型とした。試験の結果、空気圧が 8.5 kgf/cm^2 のとき、3 tonの錘を浮上できることが実証された。各パッドの空気圧の調整は、エアーコンプレッサーからの流量を独立に調整して行なったが、調整によっては振動が発生することもあった。また、浮上できる重量がパスカルの原理から決まる理想値の約30%しか達成できていないことも明らかとなった。原因は今のところ不明であるが、より最適なパッドの穴構造があると推測し、パッドの開発を継続している。



図6：研削した床面上で浮上したレベリングブロック付きエアーパッド

参考文献

- [1] T. Shintake, et al., “理研SCSS X線FEL計画の現状”, 本学会プロシーディングス
- [2] T. Shintake, et al., “床面研削装置の開発”, 本学会プロシーディングス