

## Fabrication of KEK-MSL Model Pillowseal

Nobuhiko Satou<sup>A)</sup>, Shunsuke Makimura<sup>B)</sup>, Patrick Strasser<sup>B)</sup>, Akihiro Koda<sup>B)</sup>, Yasuhiro Miyake<sup>B)</sup>,  
Naritoshi Kawamura<sup>B)</sup>, Kenji Ueno<sup>A)</sup>, Hiroshi Fujimori<sup>B)</sup>, Koichiro Shimomura<sup>B)</sup>, Kusuo Nishiyama<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> Mechanical Engineering Center, High Energy Accelerator Research Organization (KEK),  
1-1 Oho, Tsukuba-City, Ibaraki-Prefecture, 305-0801

<sup>B)</sup> Muon Science Laboratory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization  
(KEK), 1-1 Oho, Tsukuba-City, Ibaraki-Prefecture, 305-0801

### Abstract

At the Muon Science Facility (MUSE) of the J-PARC project, the primary proton beamline will be a high-radiation area where hands-on maintenance cannot be performed. In the event where a vacuum connection must be broken along the beamline for the purpose of maintenance, it will be impossible to do so manually. Therefore, in collaboration with the Muon Science Laboratory, the Mechanical Engineering Center at KEK fabricated a remote-controlled vacuum seal flange (the “KEK-MSL Model Pillowseal”). The pillowseal was originally developed at the Paul Scherrer Institute (PSI) in Switzerland, with further improvements were made at the Institute of Particle and Nuclear Studies at KEK. In a pillowseal, the vacuum seal is achieved through the expansion of diaphragms and bellows. However, the expansion of the bellows was limited in previous models due to the fact that the pillowseal was only supported by a leaf spring. In the KEK-MSL model, the pillowseal is supported by two pantographs allowing for greater expansion of the bellows and, consequently, a seal area that has a more stable contact to the flat mating flange. Therefore, the misalignment and the tilting of the mating flange are less severe than in the original design. Care must be taken such that the diaphragms of the pillowseals are not damaged during insertion. The diaphragms are therefore designed to be attached at the center of a plug shield, and are contracted to within the thickness of the plug shield before insertion. This ensures that the diaphragms are not damaged as long as the clearance defined by the two mating flanges is large enough for the plug shield to pass through.

At MUSE, 24 pillowseals have been installed and are operational in the beamline.

## KEK-MSLモデルピローシールの開発

### 1. はじめに

J-PARC計画における物質・生命科学実験施設においては、1MW (3GeV 333 $\mu$ A) の陽子ビームライン上にミュオン標的を設置するために高強度の放射線が発生する。このため各構成機器を接続する真空継ぎ手フランジに人が近づいてボルト締めなどの作業を行うことが不可能である。上記のような高放射線環

境で、実際に人が近づくこと無く、遠隔操作で脱着が可能な真空フランジ継ぎ手として、ピローシールを製作した。ピローシールとはスイスPSI研究所にて開発された圧縮空気によって伸縮する遠隔操作交換式真空継ぎ手であり、国内においてはKEKハドロンビームライングループにより開発が行われてきた。KEK-MSLモデルピローシールにおいてもダイアフラム面の形状、研磨法などを手本にしている。[1]



図1 試作1号機

### 2. 開発方針

陽子ビームライン上での保守作業は約2mの遮蔽体を必要とし、ピローシールは約2mの上部遮蔽体の下部に配置される。2m程度離れた位置からピローシールを挿入するために、ピローシールを大きく収縮させ挿入することが望ましい。ピローシールの動作範囲を大きく取ろうとした場合、全体に占めるベローズの長さを多くする必要が有る。両側に広がるタイプの両面ピローシールで中間部に保持用のリングを入れると保持の面では安定するが動作範囲は少なくなってしまう。従来ピローシールは板ばねを介して挿入部に吊り下げる形式で使用されていた。しかし、板ばねの場合、ピローシールが膨らむ際振

り子状に移動することと、板ばねを設置する空間の放射線に対する遮蔽不足が問題となっていた。我々のグループではこの問題を解決するために新たにパンタグラフ機構を用いピローシールを懸架することにより作動範囲を広げると共に、相手方フランジ面に対し安定した接触を目標に開発に着手した。

#### Φ250mmピローシール所要寸法

内径：250mm

外径：350mm

動作範囲：76~100mm

挿入部寸法：500×80

挿入時位置精度：1mm程度

### 3. 設計

#### 3.1 外形寸法

挿入部の寸法幅500mm×ビーム方向80mmの中にガイドレール、ガイド部品、及びピローシールガード部品が入る。ピローシール外径が350mmあるためパンタグラフ機構に残された空間はわずかである。ジョイント部品にSUSを使用しているため当懸架機構では厚さ5mmのアルミニウムを用い、耐食性を向上させるために表面にはアルマイト処理を施している。使用するネジも低頭ネジを用い厚さ方向の減寸を図っている。図2下側のアルミニウム板軸受け部分は長円形としリンク端部のガイドとしている。また、上側稼働部は伸縮方向に長円形溝があり相手方フランジの縦方向の傾きに追従する構造となっている。横方向の傾きに関してはパンタグラフの剛性不足により追従する。

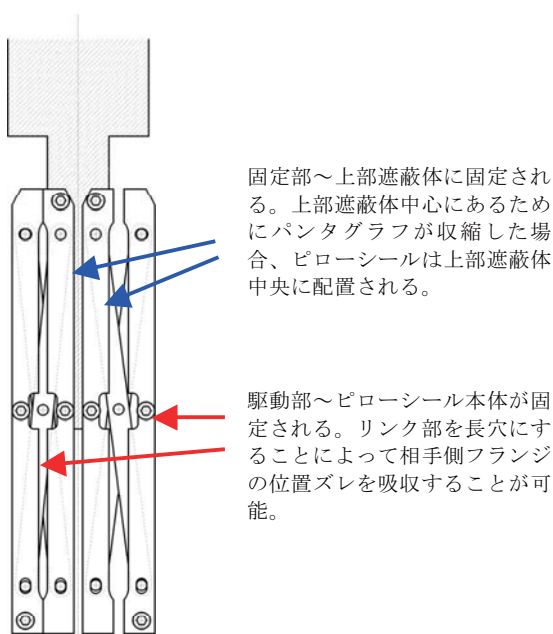


図2 ピローシール懸架用パンタグラフ

#### 3.2 配管

ピローシール伸展用圧力空気配管及び二重のダイヤフラム間の排気を行う中間排気配管は放射線遮蔽のため上部プラグ側面を蛇行して設置されている。

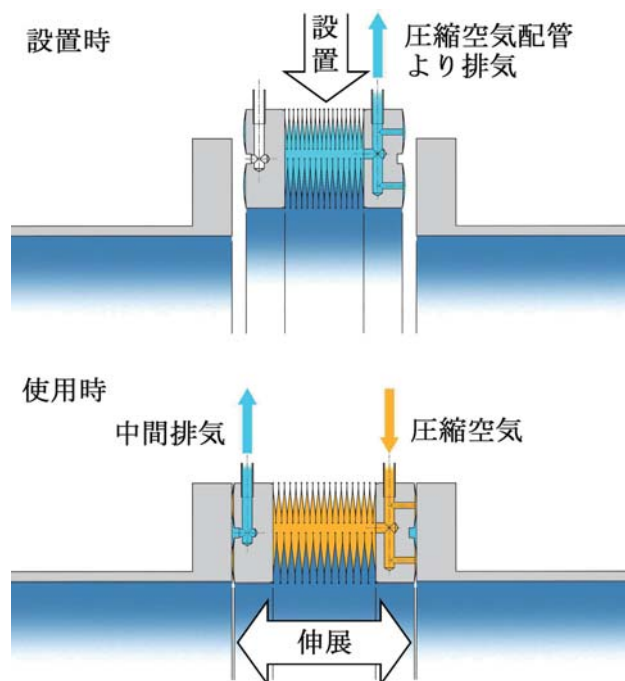


図3 挿入時伸展時の配管使用法

ピローシール上部SUSブロックでも2回折り曲げ放射線の上部への漏れを防いでいる。直上で水平に配管を延ばしピローシールの伸展の妨げにならないように余裕を持たせてある。ピローシール一面に対して圧力空気配管は1箇所、中間排気配管は2箇所設けてある。

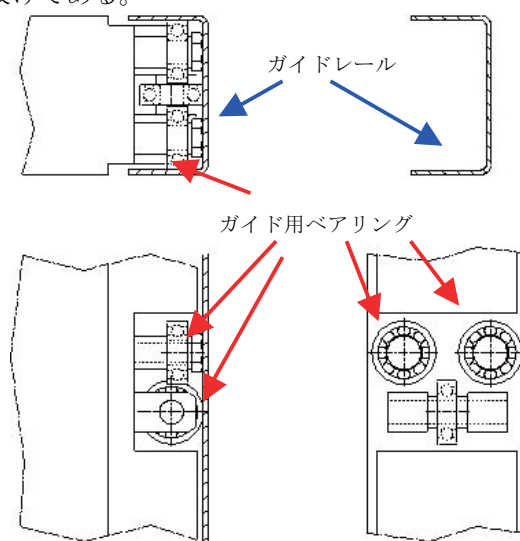


図4 ガイド機構

### 3.3 設置、交換

ピローシールをビームラインに設置または交換する際、ピローシール及びフランジ表面への接触は真空性能に重大な悪影響を与える。確実にラインに設置するためのガイド機構を開発すると共に、ピローシール内外ベローズ間の加圧空間部を真空引きすることにより、本体中心寄りに収縮収納することができ、より安全にピローシールの交換が可能となった(図2)。外側ガイドレールはJIS規格の80mm×40mm厚さ5mmの溝型鋼を建屋壁面に固定し、ピローシール保持ブロックならびにプラグ側面に配置した深溝玉軸受けの外輪がその内面を転がり他の機器との接触を防止している。クリアランスはビーム方向で1.5mm、横方向で1mmとしてある。また、深溝玉軸受けは放射線で劣化する可能性のあるグリスは洗浄し取り除いてある。

### 4. 挿入試験

陽子ビームラインのピローシール設置現場では電磁石や真空容器に予め対向フランジが組み込まれた状態で設置される。図5に示すテストベンチを製作し挿入試験を行った。物質・生命科学実験施設における作業場所は上部遮蔽体の上部にのみ近づくことが出来、メンテナンスエリアと呼ばれる。



図5 テストベンチ

### 5. 現地での設置、真空性能

現在、MLFでは24台のピローシールが設置してある。真空リークが発生した場合に、故障しているピローシールを特定できるようにヘリウム用配管が配置してあり、これを用いたビームライン上でのリーク量を計測した。リーク量は $9.8 \times 10^{-8} \text{Pam}^3/\text{s}$  ~ 2.2

$\times 10^{-9} \text{Pam}^3/\text{s}$  であった。M1ライン、M2ライン全体は $1 \text{m}^3/\text{s}$  のターボ分子ポンプにて排気しているが、ポンプ位置にて $1.4 \times 10^{-4} \text{Pa}$  (30時間) の真空度を達成した。この真空度に関してはビームダクトや機器を挿入する真空容器からの脱ガスが支配的であり、ピローシールによる総リーク量は、これらの脱ガスに比較して一桁以上小さい。

### 6. まとめ

従来実施されていた板ばね式懸架に比べ、パンタグラフ式懸架はピローシール作動範囲を大きく広げること成功した。また、対向フランジにも安定した状態で接触するため、傷等の発生も観察されていない。対向フランジの傾きに対しても追従性がよく、0.5度傾斜フランジに対して真空性能の低下は無かった。

今回設計したピローシール懸架機構は高強度の放射線下であるため銅及び銅合金、樹脂やグリス等が使用できない。そのため保持ブロック及びリンク部の部品をSUS、パンタグラフをアルミニウムという材料選択をしている。高強度の放射線下で発生する窒素酸化物の影響でアルミニウムリンク部が酸化しかじりが発生した場合でも、パンタグラフ部に強度がないためピローシール内吸引で収縮取り外しが可能と考えている。

### 参考文献

- [1] Yutaka Yamanoi, Kiezo Agari, Tetsuro Nakamura, Motosada Kaneko, Kenzaburo Sugisaki, Takashi Yoshida, "Development of Pillow Sealing for J-PARC Hadron Beamline", Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan 2003 (2003)p.736-738