

PF 2.5 GeV LINAC ACCELERATOR UNIT ASSEMBLY AND ALIGNMENT

Y. Iino, J. Asaba, S. Fujiwara, Y. Tagawa, H. Igarashi*
H. Matsumoto, I. Satoh**

*Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

**National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

The PF 2.5 GeV linac consists of forty accelerator units. Main components of an accelerator unit are four 2-m accelerator tubes and a 8.7-m support girder which are aligned with a high degree of accuracy each other. An assembled unit is conveyed on the accelerator line and connected with waveguide network, after that aligned and installed. The points of alignment and constructing process of an accelerator unit are presented.

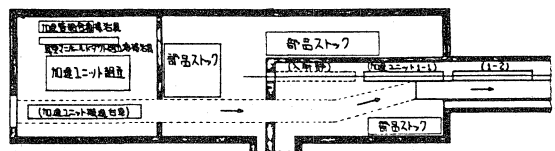
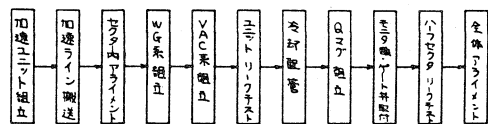
1. ま え が き

PF 2.5 GeV リニアックは、加速ユニット40台で構成され(入射部ユニットを除く)据付長さ約450mの長大な加速器である。加速ユニットは全長8.7mの架台に2m加速管4本と、ハイブリッド2個を含むWG系、真空マニホールダクト並びに冷却水サブヘッダーが搭載され、支持は両端2ヶ所の耐震構造脚で床面に埋込まれたアンカープレートに溶接固定される。架台にはレーザーアライメント用の真空ダクト(光軸管)が設けられており、この両端にレーザーデテクタが取付けられこれを基準に全てが組立られ、全ユニット間の互換性が確保されている。加速管は2本ずつその中間に真空引口を入れて溶接結合一体化しコンパクトな加速管組立体となっている。真空、WG系も出来るだけフランジ結合箇所を少なくしメンテナンスフリーとした。又組立・据付には専用治具が用意されていて必要な精度・互換性が確保されている。部品は工場での量産性を考慮した大きさとなっていて一体化結合溶接は全て現地作業とした。以下組立・据付作業の概要について報告する。

2. 組立・据付手順

組立・据付作業の概略手順は(図-1)のようになっている。作業は4人組の3クルーを編成し、タクト方式で展開した。作業上問題となったのは作業連絡で、クライストロン室と加速器トンネル内、トンネル内長距離区間の情報伝達等一考を要する。

PF2.5GeV LINAC 組立・据付作業手順



3. 加速ユニット組立

加速ユニットの組立は搬入ヤード内で行ない、(図-1)組立完了したものを加速ライン上へ搬送する方法を取った。搬入ヤードには加速管結合溶接治具、真空マニホールダクト並びに冷却水サブヘッダー組立用溶接治具、加速ユニット組立アライメント治具等が作業の流れに合わせて配置され、限られたスペースを有効に使っている。

クレーンは5トン天井走行クレーンがあり、大物長尺部品のマテハンに有効であった。組立前の部

品のストックエリアは、電子銃室、入射部ユニット横を利用した。大物部品の架台は、加速ライン上に配置しておき、完成加速ユニット搬送時に引取る様にした。加速ユニット組立の概略手順は、(図-2)の様になっている。

3-1 架台基準面アライメント

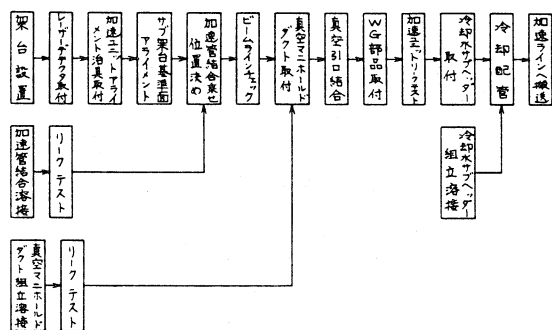
架台は、鋼管(500A)を主体とした溶接構造の本体と、加速管を支持する5個のサブ架台、8個の加速管支持台(以上SUS304)が、主要構成部品である。架台本体の基準面は、光軸管両端部に取付けられたレーザーデテクタで、これを基準に各部品の相対位置が決められ組立られて行く。アライメント用レーザーは3本使用(図-3)し、光軸管、サブ架台基準面、ビームライン用である。このレーザーの位置決めには、高精度に加工された基準プレートをレーザーデテクタ部に取り付け、この基準プレート2点を結ぶ線上にレーザーの位置合せを行ない、サブ架台のアライメント並びにビームラインのアライメントチェックを行った。

架台の回転方向(アライメント軸に対して)は、レベルを使って水平を保持している。架台は、加速管を乗せると少し沈むので、サブ架台アライメント時には、加速管と同一寸法・重量のダミー基準管を乗せておき、アライメント完了後ビームラインの精度チェックにも使用した。レーザーは大気中で使用したが、近距離(約10m)のためゆらぎも小さく十分な精度が得られた。使用レーザーは、NECのGLG5221(He-Ne, 2mW)で、スポット径は約20mm/10mであった。以上の様な作業でアライメント精度は、0.1mm以内を確保する事が出来た。

3-2 加速管結合溶接組立

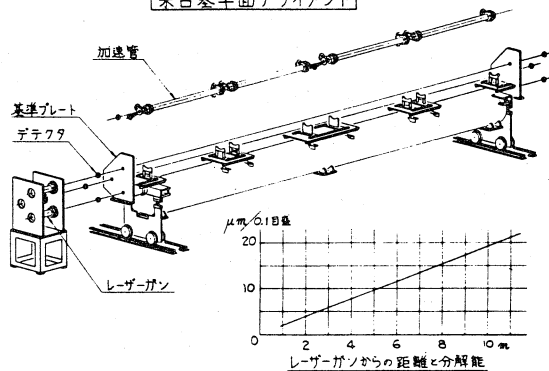
2m加速管2本を中間に真空引口をはさみ、溶接結合で一体化している。溶接は、ダイヤフラム部をTIG溶接し、2本の加速管間隔(2λ)は、2個の金具で位置決めされている。溶接には、専用治具が用意されていて、2本の加速管の軸心と間隔が、簡単に合せられる様になっている。加速管の基準面は、フランジ外径とカプラディスク端面(図-4)となっている。溶接治具は、加速管フランジを支持し、溶接作業がやり易い様に、

加速ユニット組立作業手順



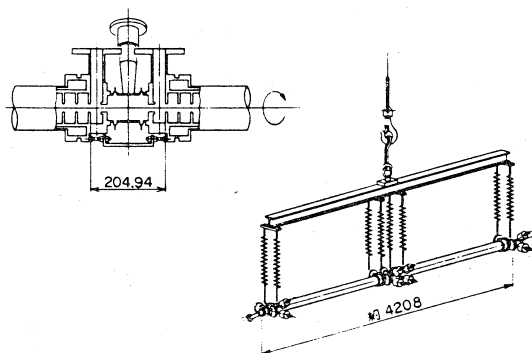
(図-2)

架台基準面アライメント



(図-3)

加速管溶接結合

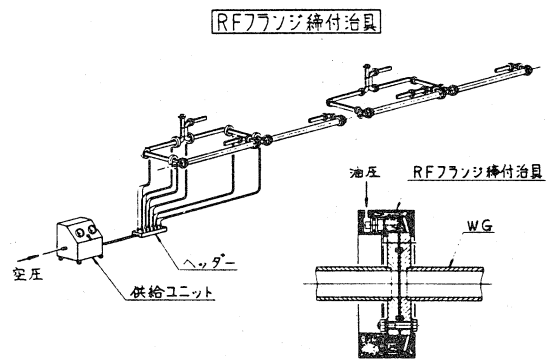


(図-4)

自由に回転出来る構造となっている。2λ寸法は、溶接前に位置決めし、確認位置を加速管フランジ部に移し変え、溶接完了後、前述の金具を使って位置固定する。位置精度は0.05mm以内である。溶接結合された加速管組立体は、結合部に無理な力が加わらない様に、フランジ4箇所をスプリングを使って均等に吊上げ、アライメントされた架台へ搭載する。

3-3 WG部品組立

ハイブリッド2個を含むWG部品を組立てるには、24ヶ所のRFフランジを締付けるが、この締付けには、特殊なRFフランジ締付治具(図-5)を使用した。この締付治具は、同時6ヶ所が締付け可能で、部品の形状誤差が、1ヶ所にしわ寄せされない様に配慮されている。作動は、空圧-油圧方式で、狭い空間で使える様にコンパクトなものである。RFフランジ構造は、RFコンタクトを、2個のRFフランジ間にはさみ込む方式で、真空シールには、ヘリコフレックスを使用し

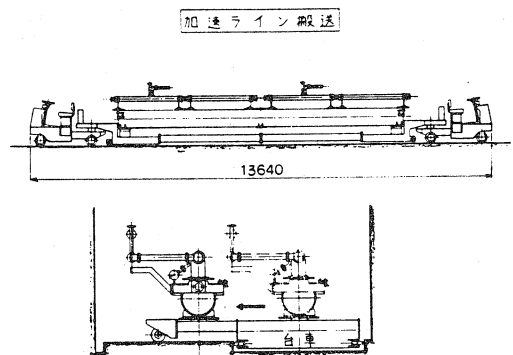


(図-5)

た。確実なRFコンタクトと、真空シールを同時に行なうため、締付ボルト数は12本で、フランジサイズの割には多く使われている。RFフランジの回転方向合せには、半月形の案内があり、全箇所同一のフランジを使用している。組立は、ハイブリッド高さ位置を、オートレベルを使ってビームラインとの相対位置を決め、その間に所定のWGを組込んだ。WG部品のフランジ面の傾きや、WGの曲り等は、WGのたわみで逃げる構造となっている。WG部品は、精度の高い素管と精度の高い機械加工、歪の少ないEBWを使って製作されているため、各部品の位相バラツキの小さなものが得られ、互換性、組立作業を容易にしている。

3-4 加速ライン搬送

組立完了した加速ユニットは、専用の加速ユニット搬送台車を使って、所定の加速ライン上へ搬送する。この搬送台車は、2台の電動けん引車(バッテリー式)が前後にあり、その中間に、加速ユニット搭載用の台枠が取付られている。(図-6) 台枠の支点は、自由に旋回出来る様になっていて、長尺ボディであるが軽快な動きが出来る様になっている。加速ユニット搭載部は、横に繰り出せる様になっていて、所定の位置に停止し



(図-6)

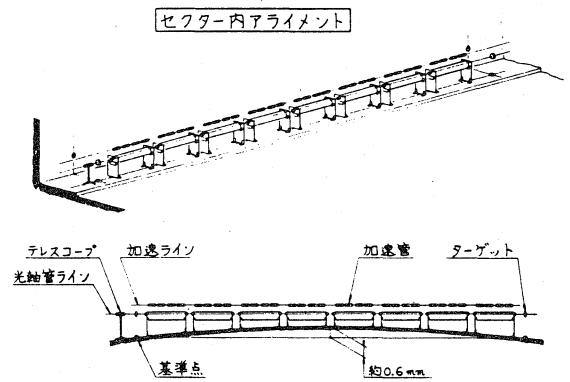
た後、加速ユニットを加速ライン上へ送り出し、ラフな位置決めの上耐震構造脚に乗せ後退する。繰り出し部の先端には、車輪がついていて、加速ユニット重量2.5トンを支える。各部は、油圧により

位置コントロールが出来る様になっていて、相対位置調整が出来る。

4. 加速ライン据付

4-1 セクター内アライメント

据付作業時に、全体アライメント用レーザーシステムが、間に合わなかった為、加速ライン上でのアライメントは、セクター単位（加速ユニット8台）で、アライメントテレスコープを使って行なった。アライメント基準は、前もって測量されたポイントを基準とし、測量時のレベルによる円弧補正を行ないながらアライメントした。アライメント法は、基準点にターゲット2個を設置し、（図-7）、その中心線上にアライメントテレス

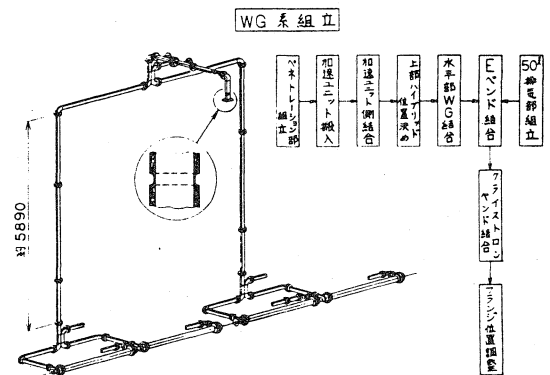


(図-7)

コープを合わせ、加速ユニットに取付られたレーザーデククタ部にターゲットを装着し、加速ユニットのアライメントを行なった。セクター内と云えども全長80mにもなり、光学的な方法では限界に近く、位置決めには大変苦勞した。最終的にレーザーアライメントを行なった結果、最大で10mm位の補正をした程度で、光学的なしかもつなぎ足す手法としては、良くアライメントされていたものと評価している。レーザーアライメントシステムも改善の余地があり、特に距離と感度のチェック、長時間安定性、測定器接続法等一考を要する。

4-2 WG系組立

クライストロンギャラリに設置されたクライストロンから、加速器トンネル内の加速ユニットまでをつなぎ込むWG系は、(図-8)の様手順で実施した。クライストロン室からトンネル内へ垂直におろすWG部は、3本結合で約5mにもなり、加速ユニット側へ重量がかかるのを防ぐため、スプリングで吊下げ、無重量の状態に加速ユニットにつなぎ込み、クライストロン室に用意された支柱に固定した。高さ方向の位置は、加速ユニット

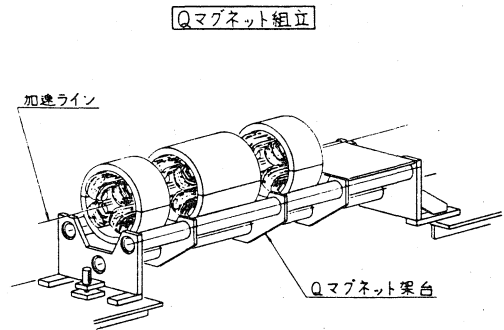


(図-8)

側（すでにアライメントされている）から決め、クライストロン位置はこれに合わせる様にした。クライストロンRFフランジ面との傾き調整は、クライストロンに結合するWGの一部分に、全周ミゾ入れした薄肉部を作り、ここを変形させてフランジ面合わせを行なった。WG部品は、室温変動、RF発熱による位相変化を押えるため、冷却水用ホローコンダクターがEBWによって取付けられている。

4-3 Qマグネット組立

Qマグネットは、加速ユニット架台両端で支持される構造のQマグ架台に取付られ、非常にコンパクトになっている。Qマグ架台は、ホローバーを主体とした溶接組立体（SUS304）で、両端はニードルベアリングで支えられ、位置決めは、ピン方式で上流側は固定ピン、下流側はガイドピンになっており、架台の動きに対応する様になっている。架台とのアライメントは、このピン部が基準となる。従って、架台を正確にアライメントする事により、Qマグ組立も同程度にアライメントされる様になっている。



(図-9)

5. おわりに

日本で初めての長大なリニアックは、部品の量産（加速管、WG部品、架台等）、短期間での組立据付（加速ユニット組立、アライメント等）と幾多の問題があったが、高エネルギー研関係者の強力な支援のもとに無事完了し、運転試験も極めて短期間で終了し、初期性能が確認され、本加速器の優秀さが立証された時は、長年の苦勞も吹飛び非常に喜ばしい事であった。又本工事で得られた幾多のノウハウは、今後の加速器建設に充分活かされて行くものと信ずる。