

Measurement of Active Mover Stage Characteristics for ATF Linac

M. Kagaya and H. Hayano*

Tohoku-gakuin university

1-13-1, Chuo, Tagajyo, Miyagi 985 Japan

*National Laboratory for High Energy Physics

1-1, Oho, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan

Abstract

An active feed back alignment system is adopted to obtain less than the 40 μm of alignment accuracy for an injector linac at Accelerator Test Facility (ATF) in KEK. It consists of an active mover system and two stretched wires with the magnetic pick-up coils. Each support-table can be moved to keep thier ideal position by stepping motors. In order to investigate the linearity of displacement quantity according to external fouce to support-table such as twist. It was measured 25 points distributed same distance on the support-table by using auto-collimeter method.

ATF リニアックのためのアクティブムーバー架台の特性

1. はじめに

リニアコライダーのための試験加速器 (ATF) の 1.54GeV リニアックでは、約 90m にわたって加速管、Q マグネットの初期アライメント及び、その継続的維持の開発を行っている。リニアックの架台は 23 台から成り、アライメントのための調整機構として各架台にはアクティブムーバーが取り付けられている。このアクティブムーバーは、水平移動用 2 基、垂直移動用 4 基 (長尺の架台では 6 基) のパルスモーター駆動用ジャッキから成り、1 台のパルスモーターコントローラーから切り換えて制御される。また各架台の位置は 2 本の 90m にわたって張られたワイヤーと、各架台に設置された 4 又は 6 個のワイヤーセンサーで検出される。本稿では、アクティブムーバー架台の基礎的な特性について報告する。

2. アライメントの方針

ATF リニアックのビームエミッタンスである 3×10^4 m.rad (1σ) を達成するために要求されている全てのコンポーネントのアライメント精度は 40 μm である。それを達成するための基本方針として機械加工精度で平面度のだされた押し当て用エッジのついた上部架台の上に、架台とは独立に下部端面と押し当て端面とから精度よくビームセンターが出された加速管や Q マグネット、ビーム位置モニターなどのリニアックコンポーネントを押し当て方式で固定することである。(図 1 参照) また各コンポーネント間の相互のアライメントは、架台内では架台とコンポーネントの加工精度で決まり、架台間では各架台のアクティブムーバーで調整が可能である。

3. アクティブムーバー

各架台には位置調整用のパルスモーター駆動用ジャッキが水平移動用 2 基及び垂直移動用 4 基 (長尺の架台では 6 基) 設置されている。加速管や Q マグネット等の重量物を載せても駆動可能とするためのジャッキは簡易化して低価格化するため、楔型ブロックを採用している。駆動分解能は垂直方向に 0.033 $\mu\text{m}/\text{pulse}$ 、水平方向に 0.33 $\mu\text{m}/\text{pulse}$ である。

4. 架台の変形特性

ATF リニアックの架台 (3m 長加速管及び Q マグネット架台) は 4 点で支持されている。したがって 4 点の位置関係によって、架台にねじれが生じることになる。ATF リニアックの架台の基本的設計思想は、架台を均一な弾性体として考えることにより、ねじれが生じてても左右基準面は架台の上流から下流にわたって直線 (真直度)

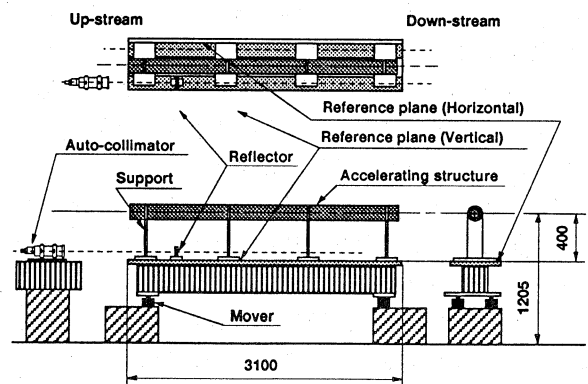


図 1 加速管用アクティブムーバー架台

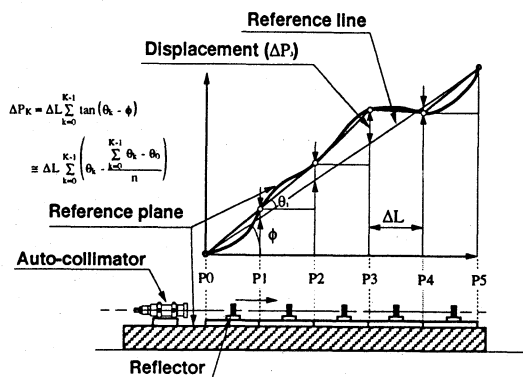


図2 オートコリメーターの測定原理

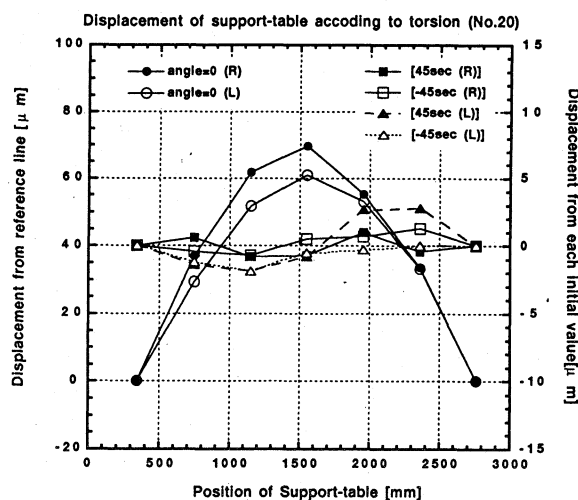


図3 架台のねじれに対する基準面の変位

を保ち、その2直線を基準としてアライメントを行うものである。この真直度の測定は図1に示すように架台の各測定点においてターゲットとなる反射鏡を固定したセットアップを行い、またターゲットの位置を測定するために図2に示すようなオートコリメーターを使用した。オートコリメーターは角度を測定するものであるが、それを積分することで変位を算出した。図3はビームライン軸方向に対しての架台のねじれの量とそのときの左右の架台基準面の状態を示したものである。3100mmの長さを持つ3m長加速管の架台の測定は架台の上流の端から330mmの位置と2830mmまでの区間で行い、その間の各位置に対する変位を図に示している。測定は架台基準面に垂直に反射鏡を設置し、その反射鏡の面の角度をオートコリメーターで測ることで架台の垂直変位が得られる。図中左上の黒丸と白丸は外部からの力を加えない状態でのビーム軸方向の変位であり、これに対して図中右上の4つの量はねじれ力を与えたときの初期状態からの変化である。ねじれの量は水準器で測定し、支持台の足が1点浮いた状態から逆方向に浮く状態まで90秒（左右測定間で80μmの高低差分）ねじられる。図からわかるようにねじれによって起きる変位の違いは3μm以下であり、

測定誤差（5μm以下）を考えると無視できる。以上の結果よりこの架台はビームライン軸方向に対して均一にねじれている事がわかる。したがって架台基準面にのせられる4箇所の加速管支持部の位置関係は直線を維持し、水平方向に傾くだけである。この水平方向の傾きはアクティブムーバーによる制御が可能なので、容易に修正が行える。

5. 架台における荷重試験

この架台の基準面の加工は加速管を取り付けた時に相当する荷重をかけた状態で行われるため、荷重をかけない状態ではそり（キャンバー）がついた状態となる。図4は架台の上に何も載せていない状態と加速管の重量に相当する荷重として支持台の位置にそれぞれ150kgの重りを乗せた状態における架台基準面の垂直変位を示したものである。図からこの架台は明らかにキャンバーがつきすぎていることがわかる。支持部では変位は40μm程度でありキャンバー量が加速管重量相当分と一致させるには、550kgの重りが必要となることがわかった。（この場合10μm以下となっている。）

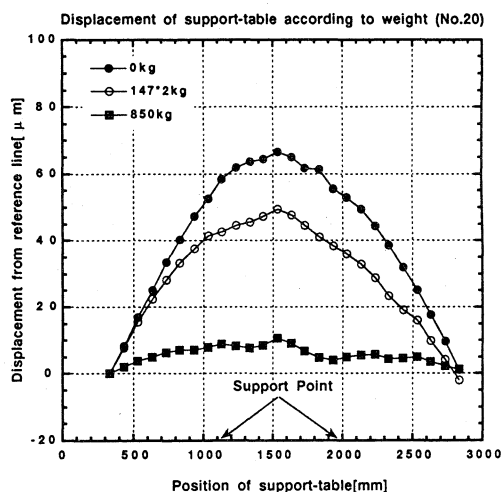


図4 荷重試験結果

6. 3m長加速管の変位測定結果

3m長加速管の変位測定は加速管外周上に反射鏡が固定可能となるような台を設置し、上下左右の角度変化をオートコリメーターで測ることにより行った。図5は加速管の取り付けられた架台（No.2、4、6、8）の基準面変位の測定結果である。No.2以外の架台は±5μm以内であるため非常に良い状態であると言える。図6は加速管の取り付けられている架台の基準面と加速管の垂直方向の変位を示す。図7は架台の水平状態と架台下流側を1mm上げた状態での加速管の水平及び垂直方向の変位を示す。また図8に示したようにこれらの比がほぼ均一になっていることより明らかに測定誤差ではないことが分

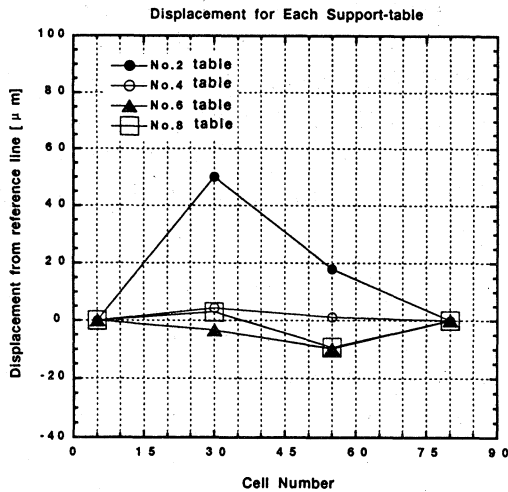


図5 No. 2、4、6、8 加速管架台の垂直変位

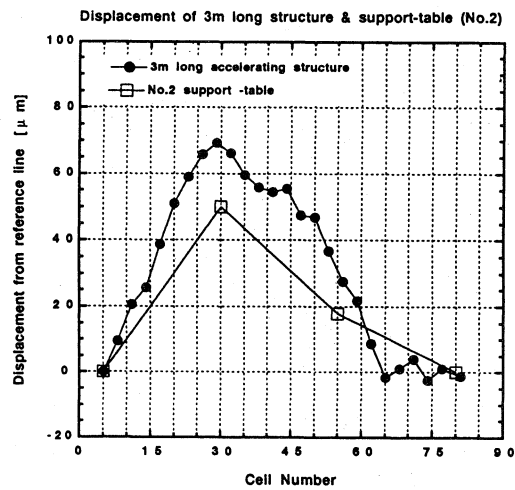


図6 加速管と架台の垂直変位の関係

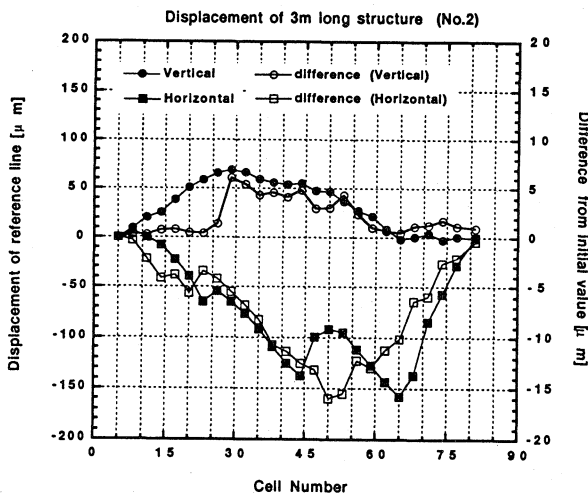


図7 架台の傾斜による加速管変位への影響

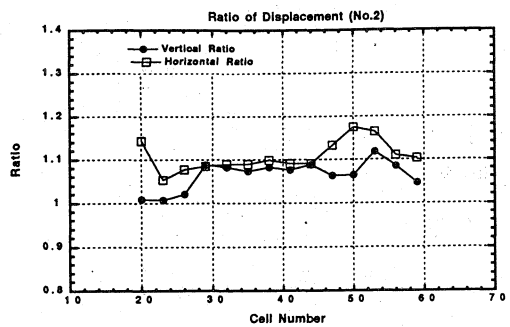


図8 水平時と傾斜時の加速管変位の比

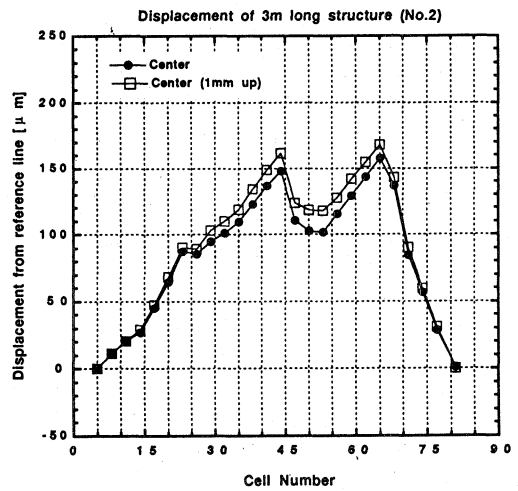


図9 加速管の半径方向の変位

かる。以上の結果から加速管の半径方向の変位を図9に示す。架台を傾けた事により加速管の変位に 20 μm 程度の差が生じたが、実際の調整においてはこれほど架台を傾ける事はないため、この影響は数 μm 程度となり無視できる。

7. まとめ

本測定から得られた結果より 3m 架台の加工精度は適切なキャンバー量において、架台の平面度が AIF リニアックに要求されているアライメント精度の 40 μm を十分に満たすことが確認された。またアクティブムーバーの使用での架台の移動による加速管の水平及び垂直方向の変位の変化は数 μm 以内にあり、実際の使用に対してその影響はほとんどないことが確認された。今後、6m 架台について同様の測定を行う予定であり、アクティブムーバーによる架台の姿勢制御の方法は今後の課題である。

謝辞

AIF グループの方々並びに (株) AIC の金澤靖哲氏には測定で大変お世話になりました。又、東北学院大学の安積隆夫氏には多面に渡りご協力頂きました。心より感謝申し上げます。