

MEASUREMENT OF WATER VIBRATION IN ATF LINAC

Seiki Morita, Takaaki Matsui, Akira Miyamoto, Koji Watchi,
Seishi Takeda*, Hitoshi Hayano*, Takashi Naito*

E-CUBE Co., Ltd.

1077-158 Hino, Hino-shi, Tokyo, 191, Japan

*High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibarakiken, 305, Japan

Abstract

The water vibration of a 3-m long acceleration structure and Q-magnet in the ATF linac was measured for the study of piping method of cooling water. We observed the structure vibration of 1.4 μm -p in the horizontal direction. We could reduce the water vibration by adding support to the flexible pipe which is vibrating resonantly. The detailed measurement is reported.

ATF リニアックにおける冷却水振動の計測

1. はじめに

リニアコライダーではQ-マグネットや加速管の振動に対する要求が厳しく、地盤振動や冷却水により発生する数10mm以上の振幅の振動が問題となっている。それらのうち特に加速管は必要冷却水流量が大きく、その冷却水により発生する振動を抑制する研究が必要である。高エネルギー加速器研究機構に於いて試験加速器(ATF)が現在稼動しているが [1]、その中のリニアックの加速管について冷却水振動の計測と振動抑制の研究が開始された。本稿では、ATF 1.54 GeV S-band リニアックにおいて行った非接触変位計を用いた振動計測方法及び現状の加速管とQ-マグネットの振動を測定した結果について報告する。

2. 測定システム

計測装置の全体構成を図1に示した。センサーは静電容量方式の非接触型で、 $1.0 \pm 0.5 \text{ mm}$ の範囲を分解能 $1.0 \mu\text{m}$ にて距離変位を検出でき、その周波数帯域幅は1kHzである。センサーは計測箇所毎にその架台距離を調整する必要があるので手動のギア方式スライダに固定した。床置き型のセンサーサポート架台はCチャンネル鉄骨材をベース板に溶接した物を作成し、底面にレベル調整用のボルトネジを取り付けた。計測分解能に比べてこの固定治具の自己振動は $0.2 \mu\text{m}$ と十分に低く今回の計測レベル範囲では問題の無い事を確認した。実際の計測手順は、変位信号をオシロスコープにて観測し、PCを用いてGPIBを介して波形データ収集を行ない、同時にFFT処理により周波数成分を観測出来るようにした。このシステムにより容易に各コンポーネントの計測が可能となった。

3. 変位センサーの校正

変位センサーの出力電圧と変位との関係を校正する為に以下の測定を行った。センサーをハイトゲージに固定

し、架台基準表面からの距離を順次変化させて各距離における出力電圧を計測した結果を図2に示した。校正値は $0.825 \mu\text{m}$ の距離変位あたり10mVであった。この測定により分解能が $0.1 \mu\text{m}$ 程度までモニターが出来る事を確認した。変位計本体ではアンプゲイン、オフセットの調整が出来るようになっているが、今回はその調整を行わず校正値を使用して実際の変位量を測定し補正を行った。

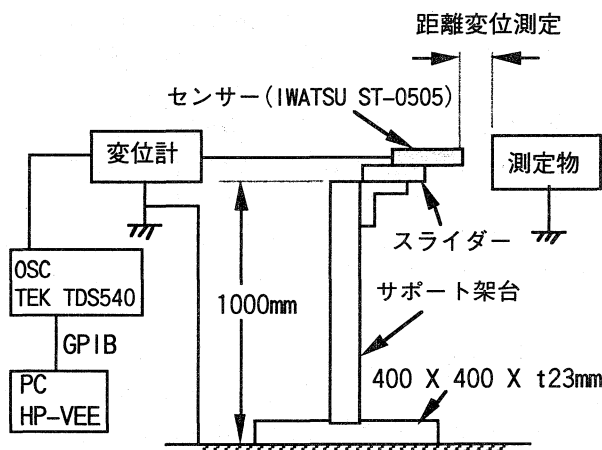


図1、振動計測システム

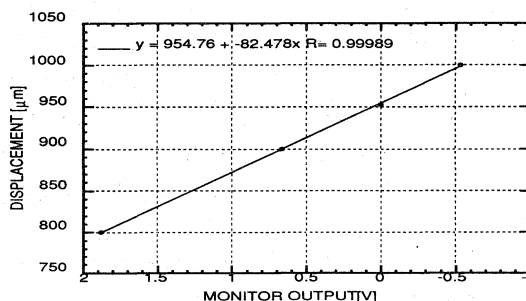


図2、距離変位に対する変位計出力電圧の関係

4. 振動測定

図1のシステムにより、まず始めにリニアックシールドを計測してセンサー固定架台の振動や設置方法による振動ノイズが十分低いことを確認した。その時の振動波形とFFT波形を図3に示す。コンクリートシールドブロックはリニアックの床上面に設置され、13トン/m²の荷重が安定にかかっている。これにより計測した壁面は床を基準とした場合にセンサーバックグラウンド0.2 μmと同程度であった。したがってこのバックグラウンド以上での計測が可能である。振動幅は最大で223 nmp-pであり、また周波数分布もフラットで、測定システムに問題の無いことを確認できた。

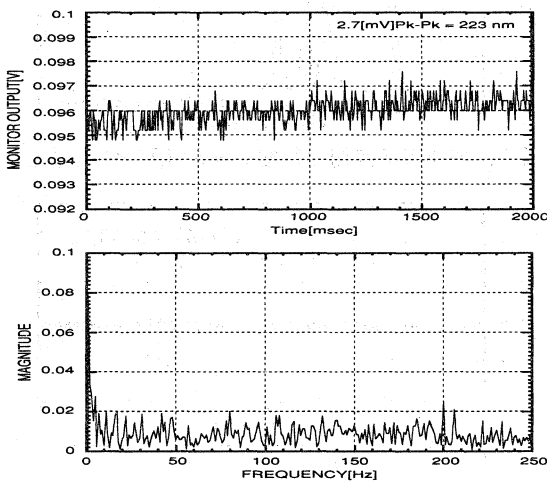


図3、シールドブロック振動の振動波形とFFT波形

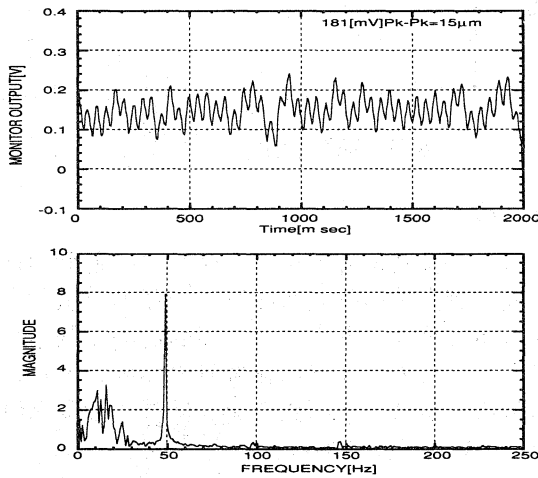


図4、冷却水循環ポンプの振動波形とFFT波形

まず、冷却水循環装置のポンプ振動を計測した。動作水量は5 kg/cm²圧力で2000 l/minである。このポンプケースの横振動について測定した。図4に波形とFFT波形を示した。振動の大きさは15 μm p-pで、周波数は50Hzにピークが確認出来た。

加速管19本のうち1加速管について振動計測を行った。これらの各加速管には冷却水を5 kg/cm²圧力、85 l/minの流量で流している。計測位置は3m長加速管の中央部分のセルを縦横2方向について計測した。図5、図6に縦横振動の各波形とFFT波形を示した。振動の大きさは横方向が1.57 μm p-p、縦方向は0.66 μm p-pであった。冷却水ポンプの振動周波数分布と同様であったことから、ポンプ振動が配管内の冷却水により伝わる事が原因と分かった。さらに、給水バルブを閉じた場合には配管の共振振動が止まることを確認した。加速管の接続部分には図7に示すようにフレキシブル管を使用して接続をしている。この管の共振が加速管の振動の原因の一つであることが分かった。

図7に架台配管と断面図を示す。ヘッダーパイプは往管帰管共に下部架台に金具にて固定されている。ヘッダー管と加速管の間はフレキシブル管2本で配管されており、その中間が固定されている。片方のフレキシブル管はサポート無しに加速管に接続されておりこの管の共振振動の影響を加速管に及ぼしてしまう。これを防ぐ為にはフレキシブル管を加速管側で架台に固定し、配管の共振を防ぐ必要があることが分かった。ムーバーにより架台は移動するのでヘッダー管側のフレキシブル管は固定出来ない。

図7中に示した矢印Aの配管の横方向振動を、固定金具追加と無しで計測比較した。図8には固定無しの計測値、図9には固定金具を追加した時の計測値を示した。

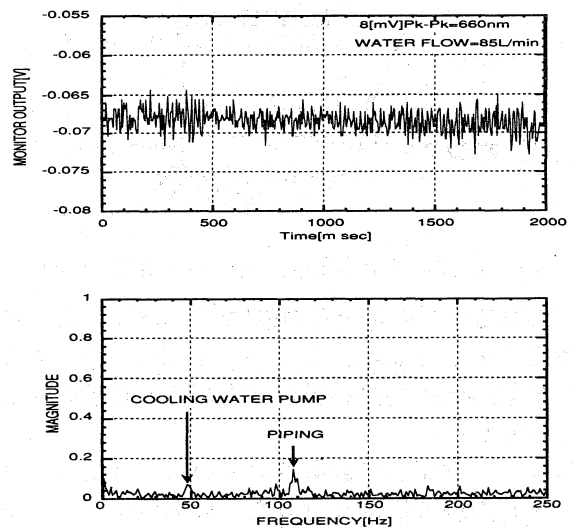


図5、加速管中央の縦方向振動波形とFFT波形

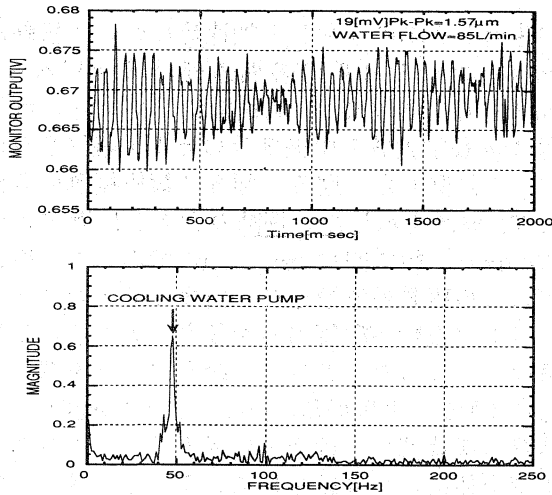


図6、加速管中央の横方向振動波形とFFT波形

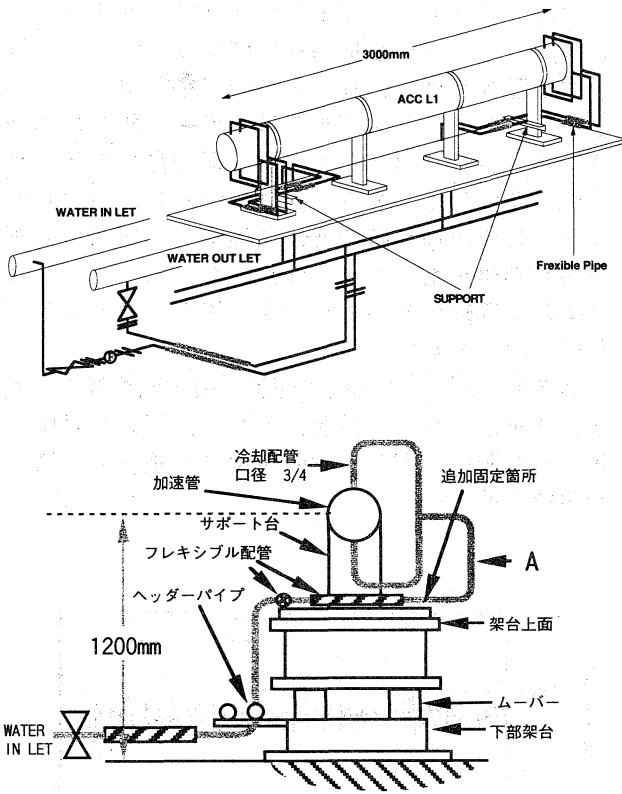


図7、L1加速管全体配管(上)及び架台断面図(下)

この計測から固定金具の追加により $5.78 \mu\text{m-p}$ の配管振動を $0.5 \mu\text{m-p}$ に抑えることが出来た。すなわち配管自体の共振振動は極力抑える必要の有ることが分かった。

次に、3番架台に設置されている空冷式Qマグネットについて計測を行った。計測値はビーム方向に $1.0 \mu\text{m-p}$ 、横方向では $0.3 \mu\text{m-p}$ 、その周波数分布には約49Hzのピークを観測できた。又、水

冷式Qマグネットではビーム方向に約 $0.4 \mu\text{m-p}$ 、横方向に $0.4 \mu\text{m-p}$ の振動振動が観測された。これらは、一部には加速管振動の影響を受けていると考えられるが、ほぼバックグラウンドレベルである。

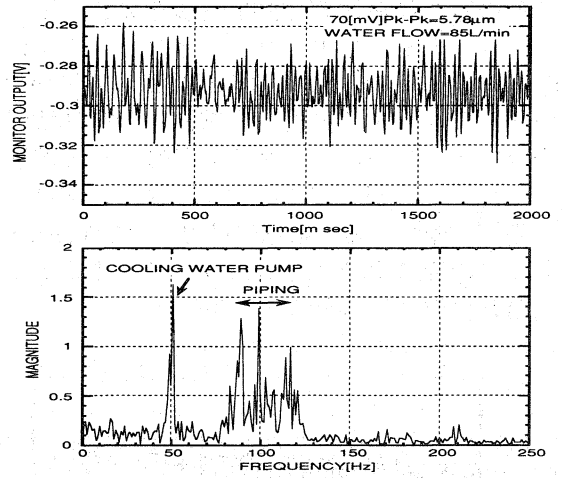


図8、加速管下流側の往配管振動波形とFFT波形

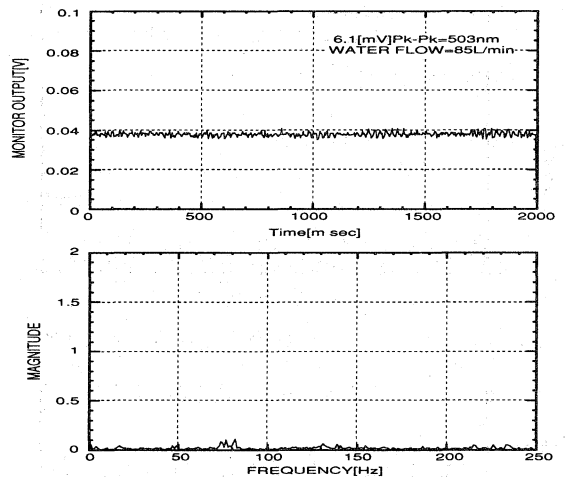


図9、金具で配管を固定して図7との比較

5. まとめ

静電容量型変位計を用いた今回の振動計測結果により配管方法の改良が振動の一原因を減らす事になる事を確認できた。この振動計測は開始されたばかりであり、今後は振動計の感度を上げ、配管自体の改良により振動をより低減する開発研究を行っていく予定である。

謝辞

KEK JLC ATF グループの皆様には貴重な助言を頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] S.Takeda et.al. "1.54GeV ATF INJECTOR LINAC FOR JLC", Proc 第19回リニアック研究会