

# KEK-B 陽電子源建設のための高揚程化クレーン設置

## PHE STRUCTURAL STUDY OF THE CRANE FOR THE POSITRON CONVERTER AREA.

Yoshio Arakida  
KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki 305--0801

### Abstract

KEKB is going to be upgraded to SuperKEKB. Linac division is installing the new positron converter. On operation, positron converter will be high-level radiation source. The 500mm iron shield is required, overhead of the beam line.

To construction of shield, architecture of extend lifting height was studied and proposed for the design of the new crane. The place of the new positron converter is originally normal acceleration unit. For construction and maintenance crane is requested. But a popular overhead type crane has no performance to assembling the shield.

## 1. はじめに

本稿は特別教育で操作できる 1t 天井クレーンの高揚程化である。

KEK 電子陽電子加速器は Supper-B への改装されている。Linac においては従来の 2 セクション 1 ユニット (以下他所も 2-1 の形式で表記) より上流の位置 1-5、6 に新陽電子源が設置される。陽電子源は電子を標的にあてて陽電子源を発生させるために強度の放射線が発生し、そのため放射線シールドが要請される。トンネルの 1-5 の位置は当初は電子と陽電子の合流点として建設され平面上の余裕はあるが天井までの高さはトンネル内と同等である。

旧陽子源 2-1 には 1t の一般的な構造のホイスト式天井クレーン<sup>1)</sup>が設置されている。新陽子源では要請されているシールドの大きさにホイスト式を当てはめると揚程が不足のみならずクレーン下部とシールドが重なりシールド構築には役に立たないことになる。

残留放射線下で重量物を扱うのに機械力は必須である。一般のホイスト式クレーンの機材を使用しつつ要求の揚程の取れるクレーンの設置を行った。

## 2. クレーンの仕様

### 2.1 クレーンの設置条件

規定される建物と機器の主要寸法は以下である。

- 1) ライナックトンネルの床-天井高さ: 3m
- 2) ビームライン: 床上 1.2m
- 3) ソレノイドコイル (加速管外周)  
ビームライン中心に直径 600mm  
したがって最上部は床上 1.5m

- 4) シールドの要請厚さ  
ビームライン上方に鉄 500mm

### 2.2 想定荷の概略重量

クレーンの荷となる陽電子源と加速と収束の機器重量は以下である。

- 1) 加速管 L-band 案 350kg
- 2) 加速管 C-Las 案 200kg
- 3) ソレノイドコイル 600kg
- 4) フラックス・コンセントレーター (以下 FC)  
(ブリッジコイル組み込み状態) 900kg
- 5) 架台 未定
- 6) 放射線シールド  
幅 1.6m 天井方向に厚さ 500mm 鉄を想定、  
ビーム方向に FC 前面より 6~10m  
ビーム方向に 6.3t/m、構造材含まず。

### 2.3 機能範囲の要求

通路側より台車等で搬入した機材を FC~1-5 のビームライン建設に使用できること。ビームラインより右の通路側 1.5m 左 1m は可動範囲であること。

FC についてはビームライン上設置位置、通路側より搬入と上流側左の仮設置き場と相互に移動できること。

### 2.3 揚程の要求

シールドに厚さ 500mm の鉄が要求されている。機器の縦方向の寸法を合わせるとソレノイドコイル上端が床より 1500mm、と合わせて 2000mm。余裕がほとんどないと思われるので、ソレノイド~シールド間とシールド~クレーンのフック間それぞれを隙間を各 100mm としておく。床天井の建物の起伏他の誤差吸収分も含む。合計 2200mm となる。

### 2.4 クレーンの要求仕様

陽電子源周りの主要な機器は 500kg を超え 1t 以内に収まっている。シールドの重量を見れば吊り上げ荷重<sup>2)</sup>3~5t の能力のクレーンが望ましい。しか

# yoshio.arakida@kek.jp

し創設期の電子源 1-1 の 2.8t 機は天井からフックまで 1450mm あり 3m のトンネル天井高さでは無理である。

通常の建物建設時に計画的に設置されたクレーンはランウエイ<sup>1)</sup>と建物鉄骨が結合されている。本機は既設建物天井にアンカーボルトのみで固定する。この点からも要求仕様は吊り上げ荷重<sup>2)</sup>1t とした。

2012 年度後半の時点でビームラインの建設は始まっており、予算措置等の働きかけを早々始めなければならなかった。未定含み前記の数値で仕様を決めることとした。

## 2.5 放射線シールドについて

陽電子源の 1-5 移設が決まった時点で放射線シールドの厚さは天井方向に鉄を 500mm の指標は示されたが側方や構造は未定であった。しかし直線加速器の細長いコンポーネント上に相当な重量物を設置するのであるからビームライン両側上方に桁を張り、桁間にシールド材を渡す構造になるであろう。また天井までの寸法余裕がないので特にシールド最下段は構造材を兼ねる必要もあるであろう。

明確な根拠はないが一般的な構造材を大き目な規格品例で重さを挙げると

200 X 200 H 型鋼 50kg/m → 2m で 100kg

300 X 300 H 型鋼 95kg/m → 2m で 190kg

具体的な設計は構造の専門家に依頼するが構造材個々は 1t を超えることはなさそうである。

天井方向は鉄が予定され鉛はクレーン計画時点で想定にないが、重量で重い方をみると

150 X 150 X 2m の鉛角材 510kg

200 X 200 X 2m の鉛角材 907kg

シールドについて以後の検討で総量が変わるかもしれないが機械力を期待するならば 1 片 1t 以下として組み立てることが現実的と判断した。

## 3. 揚程についての考察



Figure 1: The crane at old positron source

### 3.1 旧陽電子源 2-1 の 1t クレーン

旧陽電子源 2-1 に 1t のホイスト式天井クレーンが設置されている。(以下旧 1t 機) 導入は陽電子源設置当時と聞く。ランウエイ<sup>3)</sup>の 100-200mm I 型鋼を天井に固定し、同じく同型 I 型鋼を直交して吊り

下げてガーター<sup>4)</sup>とする。ガーターにホイスト<sup>5)</sup>吊り下げる現在最も一般的な構造である。天井からフック最上位位置でのフック下まで 1250mm、床面からは 1750mm である。これは本件の揚程要求を満たしていない。

### 3.2 KEK の古いクレーン

KEK 構内の古いクレーンとは主に旧陽子加速器(以下 PS)まわりに設置された機種で 1970 年代前半の製造である。PS では 3~10t であるが、それらのガーターは必ず壁からの張出部にレールを敷きその上部を走行する。巻き上げ機構がクラブトロリー<sup>6)</sup>に乗りガーター上を横行するトップランニング式ダブルレール型ホイスト式<sup>7)</sup>に分類される形式でありスパン<sup>8)</sup>が 5m 以下でも使われている。80 年代に建設された電子陽電子リニアックの施設内でも同構造はあるがスパンが 10m 近い物に限られる。後に建設された機種ほど構造が簡素化されている。

### 3.3 揚程を取る構造の考察

現在の多くの小型天井クレーンの構造は旧 1t 機同様で上下方向の寸法はランウエイの I ビームと吊り下られたガーターの I ビームとホイストの寸法の合算となる。

KEK 構内、近辺工場などの機種を見比べ小さく作られている機種を探した。しかし同構造では個々小型でも大幅に揚程を大きくする方法は見いだせなかった。

さて各種クレーンの見歩きにより、特に陽子加速器のダブルレール構造が参考になり、巻き上げ機構をトロリーの上に乗せるのではなく、トロリー台車に吊り下げランウエイとガーターの桁の間に置けば上下寸法は大きく詰められる。巻き上げ機構はランウエイとガーターの寸法の合算に収まればよい。旧 1t 機の場合、ランウエイ、ガーター共に桁材として 100-200mm I 型鋼が使われており I 鋼上部の固定金具、下部の車輪合わせて桁 1 段を 400mm とする。桁 2 段重なりで 800mm。旧 1t 機のホイストを組み込むことは寸法上は可能である。

この構成ができれば主要部品は一般のホイスト式の標準品が使用できる。本機のための特注部分は鉄骨で作られるホイストを吊り下げるトロリーのみとなる。ただクレーンの桁の内側にホイストを置けば両端側で寄り<sup>9)</sup>の大きい機械となる代償はある。

以上の見通しを持つに至った。

### 3.4 製造社への提案

クレーン設置には専門製造会社に発注することになる。上記考察より Fig.2、3 の状況を想定して以下の提案を行い技術上の成立可否と受け入れ確認を行った。

- 1) 吊り上げ荷重 1t。天井およびアンカー強度は十分か。
- 2) ガーター 2 本のダブルレールとしてトロリーに

ホイストを吊り下げて位置を高くして揚程 2200mm とする構造は可能か。

- 3) ガーター間にホイストを置くことにより寄りが大きくなる代償は受け入れる。
- 4) 高放射線レベルが予想されるので半導体を使用するインバーター制御はしない。

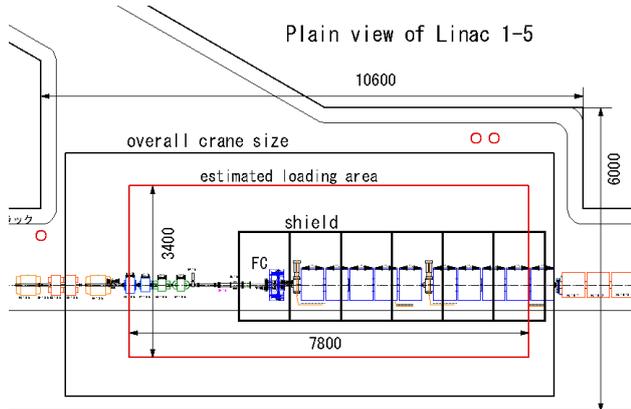


Figure 2: Plain view of Linac 1-5.

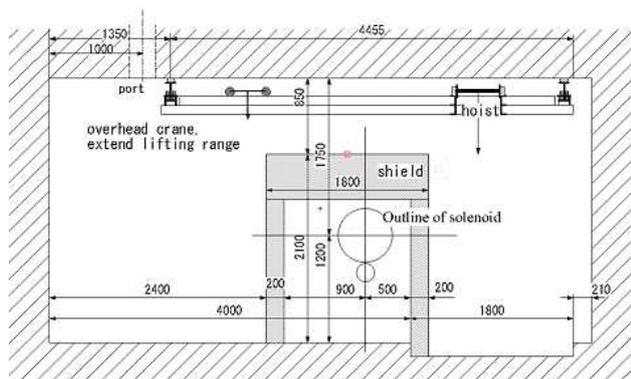


Figure 3: Cross section of Linac 1-5.

#### 4. 完成したクレーン

実際の建設は 2014 年 3 月下旬になった。

- 1) 完成したクレーンは 2 本のガーターでダブルレールとしてその間にホイストを置いて上下方向寸法を詰める案は受け入れられ揚程 2200mm は確保された。製造社はランウエイ走行系同等の I 型鋼の下部を動く走行系に柱を渡してトロリーとし、その上にホイストを乗せるアンダーランニングとでも言うべき構造にされた。車輪部分が共通部品化される。
- 2) ランウエイは 10m を 4 か所の固定具で天井コンクリートに固定し各固定具の 4 隅をケミカルアンカーで固定されている。荷が最も寄ったばあい 4 本のボルトに約 2t 近くの荷重が掛かることになる。後年アンカーの点検を要す。

- 3) なるべく半導体は使用しない方針であったが制御とブレーキには使用されている。完全な半導体不使は難しい。

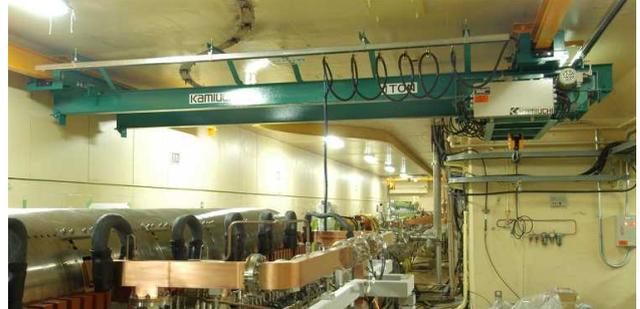


Figure 4: The crane for new positron source

#### 5. 補足：現代の天井クレーン設置工事

ランウエイの天井固定。

天井高さの作業は高所作業車と脚立を足掛かりアンカーボルトを打ち、ランウエイ支持具を左右各 4 個付ける。チェーンブロックを掛けランウエイ本体の 10m 長 I 鋼を引き上げた。

当初設置全域にわたる足場を想定したが無用であった。

ガーターおよびトロリーのランウエイへの組み込み。

一式を組立の上でランウエイにチェーンブロックを掛けて引き揚げる。走行部なのでランウエイ走行車輪を差し込み軸受を固定して完成する。

測定器。

個々の部品は工場で作製され精度はある。

建設現場で最も精度が要求されるのは左右ランウエイの平行度であろう。本機はスパン約 5m で誤差 5mm 以内とのこと。巻尺のみで墨出しをしていた。ランウエイの水平出しには光学のレベルを使用。I 型鋼を天井に取り付ける金具にシムを挿入して水平を合わせていた。最後の荷重試験のガーター撓み測定のみレーザー距離計を見かけた。

#### 参照

- 1)~9) クレーン各部の名称について <http://www.crane-club.com/study/crane/crane.html> crane-club 下のクレーンの知識、用語のページを参照した。