

STATUS AND SCHEDULE OF J-PARC 50GeV SYNCHROTRON (2)

Takao Oogoe^{1,A)}, Eiichi Yanaoka^{A)}, Hitoshi Kobayashi^{A)}, Koji Ishii^{A)}, Kazuaki Niki^{A)}, Katsuya Okamura^{A)},
Masashi Shirakata^{A)}, Masahiko Uota^{A)}, Masakazu Yoshioka^{A)}, Shigeru Takeda^{A)}, Yoichiro Hori^{A)},
Yasunori Takeuchi^{A)}, Yuu Kuniyasu^{B)}, Hiroshi Oki^{C)}, Youichi Takiyama^{D)},

^{A)}High Energy Accelerator Research Organization; 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801 Japan

^{B)}Mitsubishi Electric System & Service CO., LTD; 2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045 Japan

^{C)}KDC Engineering CO., LTD; 5-6-26 Kugenumakaigan, Fujisawa, Kanagawa, 251-0037 Japan

^{D)}k-VAC CO., LTD; 18-31 Bunkyouchou, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0045 Japan

Abstract

Beam commissioning of the J-PARC 50GeV synchrotron is scheduled in may of 2008 Installation of accelerator components was started in October 2005 and has been carried out in parallel with civil and utility construction. Sixty percents of the installation of the magnet (B-mag, Q-mag, Six-mag) is completed. This document describes the present status of installation of accelerator components in the tunnel.

J-PARC 50GeVシンクロトロンの現状と予定. 2

1. はじめに

J-PARC 50GeV シンクロトロン (以後MRと略す) の加速器トンネルへの電磁石の搬入据付けは、昨年10月より開始し、年度内に予定していた偏向電磁石・四極電磁石・六極電磁石 (これら3種類の電磁石を主要電磁石と記す) の全台数の約1/3の搬入据付けを完了した。2006年度も作業を継続し、8月には主要電磁石の半数の据付けが完了予定である。

土木建築の現状は昨年の秋までに加速器トンネルの4割、電源棟・機械棟・搬入棟の各1棟が完成した。本年9月末までに更に各1棟が、11月末にはトンネル全周、電源棟・機械棟の各3棟、搬入棟2棟の全てが完成する。

加速器トンネル・地上建家の建設をしながら加速器機器の据え付けを行なうのはまれなので、この経験を報告しておきたいと考えている。

2. 土木建設状況

2005年7月に3GeVリングからの入射路 (3-50BTと称す) 約200mとMRトンネルの約730m (全周約1.6km)、建屋では第2搬入棟と第3電源棟が完成した (図1)。引き続きMRトンネルの約200mが2006年3月に引き渡された。全周の約6割である。9月にはトンネルの一部と第1搬入棟、第2電源棟が引き渡され、12月に加速器関係施設の全てが引き渡しを受ける予定である。ただし、原子核素粒子実験施設、ニュートリノ実験施設はまだ工事が進行中である。このため、MRトンネルへの影響が続く可能性がある。

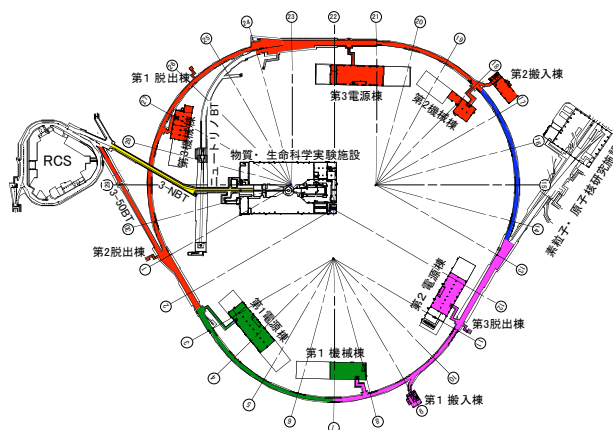


図1 : MR土木建設関係完成予定

電磁石などの機器を据え付けるためにトンネルの測量を行ない、床にビームラインを罫がく。この測量によって、トンネル床の一部分が「く」の字に折れ曲がり沈んでいることが発見された。調査すると折れ曲がったトンネルの上を物質生命科学実験施設へのビームライン (3NBT) トンネルが横断している部分であった。3NBTトンネルは独自の支持杭基礎を持つ構造になっているが、上下2つのトンネルの間にはほとんど空間が無く上の3NBTトンネルが沈み込んだために下にあるトンネルが曲げられたものと考えている。図2はMRトンネル約1000m (図1赤と青の範囲) の床の高さを約12m間隔で測量したグラフである。2社が各々基準点・測量ポイントを設け、今までに数度測量を行っているが、2社の測量結果は良く合っており、最大の沈み込みは約

¹ E-mail: takao.oogoe@kek.jp

するため2台とした。移動量は前後左右はハンドルにより2mm/回転、上下は油圧手動ポンプ1押しで約0.2mmである。使用状況ではどの方向に置いてても0.1mmの調整は可能である。また、前後左右においてはハンドルによらずフリーに移動を可能にしたため電磁石のひずみ等はこれにより解放することが可能である。

3.2 電磁石搬入据付け

MRトンネルの搬入据付けは現在主要電磁石の約6割が設置された(表1参照)状態である。本年度末には全数を設置予定である。来年度には入射機器、RF機器、速い取出し機器が、2008年に遅い取出し機器が設置される予定である。搬入棟から一番離れた電磁石は電磁石搬送台車で約1時間強を要する。このため荷下ろしから電磁石設置までには最大3時間あまりを要した。

| | | 総台数 | 設置台数 |
|--------|-------|-----|------|
| MR | 偏向電磁石 | 96 | 63 |
| | 四極電磁石 | 216 | 99 |
| | 六極電磁石 | 72 | 32 |
| | ST電磁石 | 186 | 9 |
| 3-50BT | 偏向電磁石 | 5 | 4 |
| | 四極電磁石 | 38 | 32 |
| | ST電磁石 | 14 | 10 |

※06/07/18現在

表1：主要電磁石の設置状況

トンネル床はコンクリートの上に2mmのエポキシ樹脂が塗布されている。事前に電磁石の脚が設置される床の高さを測定しておき、低い床には鋼板のスペーサーにより高さを調整している。微調整は電磁石の高さ調整ボルトによって行なっている。図2を見ていただければわかるようにトンネルの床は設計値よりほとんど低い。

主要電磁石の床との固定にはセラミックアンカーを使用した。理由は電磁石の励磁電流が台形状の周期を持つために電磁石本体にリーク電流やノイズが発生しやすいため電磁石を電氣的に浮かし、電磁石からアース線を出し電源と同じアース点に落とすことにより電源安定度を高める工夫をしたためである。セラミックアンカーを採用するにあたってはコンクリートブロックにセラミックアンカーを設置し、引き抜き試験、横揺れを想定した剪断試験を行ない問題が無いことを確認した。セラミックアンカーの取り付けには床にコア抜きを行ないエポキシ系定着材で固定する。定着材で放射線試験を行なったものは見つからず、今回使用したものが0.1MGy程度までメーカーが確認しているものであった。このため、日本原子力開発研究機構高崎研究所においてガンマー線による照射試験を行なった。その結果14MGyの照射後においても引き抜き強度はコンク

リート破壊の2倍以上あることが証明された。

電磁石のアライメントを行なうにあたり始めにレーザートラッカー(LT)と光学測量によりトンネル内に取り付けた壁基準座・床基準座を測量し、各基準座のデータを整理する。次に電磁石の上部に設けた基準座をLTにより測量し、壁基準座・床基準座のデータより電磁石の位置を算出し電磁石のアライメントを行なう。この測定を行なっている途中で現在もトンネルの沈下、浮上が続いていることがわかり、精密アライメントは急遽中止した。しかし、真空ダクトを接続できる範囲にはアライメントを行なうことにし進めている。浮沈の原因はMRトンネル内側近くでニュートリノのトンネル工事や全体的な盛土工事が進められているためではないかと考えている。工事終了後に再度アライメントを行なう予定である。

ビームラインの構築として本年度から真空ダクトの取り付けを開始した。ビームモニターも校正が軌道に乗り始め、設置を予定している。3-50BTのビームコリメーターは製作が完了し設置中である。ケーブル配線も今年度から開始するよう進めている。電源棟の機器設置は電源棟完成直後より開始する予定である。

4. まとめと今後の予定

昨年10月よりMRトンネルへの加速器機器据付けを開始した。トンネルの半分はまだ工事中であり、電気関係は仮設が残る状態での乗り込みであった。このためにささいな出来事は日常的にあるが機器据付けに影響を与えたこと印象的な事柄をあげると、床壁補修工事、結露対策、床変動、ほこり対策になる。12月にMRの土木建築設備は完成し引き渡しを受けるがほこり対策以外は続くと考えている。異業種が同時並行に作業を進めていることもあり、抜本的対策がある訳ではないのでその場の状況と今までの経験をベースに対応していくつもりである。

来年12月からはMR加速器機器の総合運転を開始する予定なので主要機器の据付けは9月には終了するよう考えている。3-50BTはRCSのビーム運転が来年9月の予定なので6月には終了予定である。

謝辞

土木建築工事中に関わらず加速器機器の設置作業を行っているため土木建築の共同企業体各社、加速器機器取付請負各社、KEK施設部には御協力・御助言をいただき御礼を申し上げます。

参考文献

- [1] T.Oogoe, et al "Status and Schedule of J-PARC 50GeV Synchrotron", Proceedings of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan
- [2] 第9回 土木工事連絡会議事録 資料より
- [3] 日立製作所KEK打合せ資料より

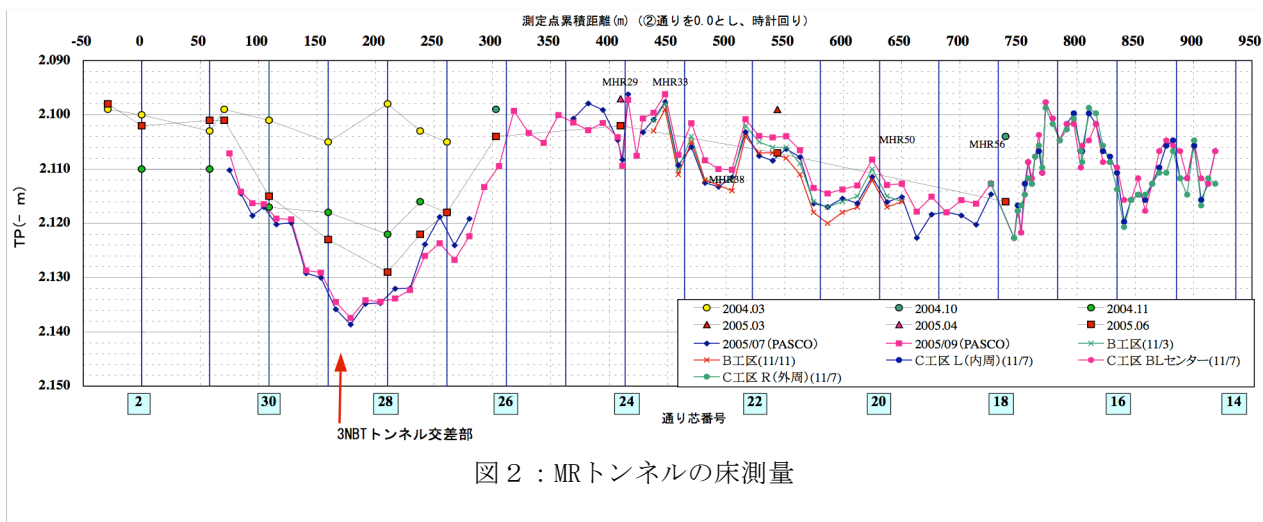


図 2 : MRトンネルの床測量

40mmである。設計値ではMRトンネルの床の高さはTP-2100mmであることから全体的に低いことがわかる。

MRトンネルは低発熱型コンクリートを使用しているためにクラック等の発生は少ないが、完全に無くすることは難しいので補修工事が入ることになる。これらの作業で発生するほこりが加速器を設置していく上で、特に真空部品を扱うときに問題になる可能性はある。加えて、天候・トンネル内の状況等により養生はしてあるが建設中のトンネル開口部から風が吹き込んでほこりが入ることもあり得る。

昨年の10月より加速器機器の設置を開始したが、当初はトンネルの酸欠防止・塗装臭などのため外気導入の開口部があったり、地上建家が建設中のため外部と繋がっている所があり、湿気が入りトンネル内が結露し、除湿器によって対策をした。今年5月の結露は広範囲に亘ったが、機械棟の完成によってトンネル空調の部分使用が出来る様になったためトンネルの半周は空調を運転することによって防ぎ、空調のとどかない範囲には除湿機を設置した。開口部にはブルーシートを2重にし、1~2mの空間をつくり、その空間を送風機で吸い湿気の侵入を防いでいる。

3. 電磁石搬入据え付け

3.1 据え付け用機器の試験

電磁石搬送は牽引車と搬送台車からなり、移動はトンネル壁に取り付けられたガイドレールに沿って牽引車が搬送台車を引くまたは押すことによって移動する。牽引車にはモーターによって駆動するタイヤが付いている。搬送台車はエアベアリングにより空気の圧力で浮上する。本格使用に先立ちトンネルで、搭載荷重33ton全長10mの偏向電磁石搬送用台車で走行試験等を行った。0.5mmの鋼板を引き、段差による空気漏れが起こった状態での走行状態であれば1mm程度であれば問題が無いことを確認した。しかし、進行方向に平行な段差があるとき停止

状態が続く場合には注意が必要であった。トンネル内を搬送された電磁石は、ビームラインまでの2mの距離を搬送台車に乗ったまま横に移動して床に設置する。横に移動するための力は人力を考慮していたので力を測定したところ33tonの偏向電磁石が約50kgで動いた。空気により浮上しているため予想以上に滑らかに動いたが注意しなければならない点が出てきた。一つは慣性が働くので安全に停止出来るよう注意が必要である。もう一つはわずかな床の傾斜でも流される点である。電磁石搬送台車は以上の様な試験を行ない使用を開始した。床の段差や突起があるところには0.3~0.5mmの鋼板を引く、ステンレステーブを貼る等の養生を行なっている。横引き時の慣性等により電磁石に挟まれないために治具等により安全を確保している。

偏向電磁石は重量が33tonあり、アライメント行うときの微小な調整やビーム方向への移動時に滑らかに移動しないため治具（高荷重ステージ）を制作した。高荷重ステージは電磁石を乗せ3次元で微少調整が行えることとした。ビームに対し前後左右はリニアモーションガイドを使用し、上下は油圧ジャッキにより構成した。電磁石の脚の間にセット



図 3 : 高荷重ステージをB-magにセットしたところ