

PF リング直線部改造における電磁石据付

原田 健太郎、小林 幸則、長橋 進也、宮島 司
(KEK-PF 電磁石・軌道グループ)

2005 年の PF リング直線部改造における電磁石のアライメント(精密据え付け)について報告する。

今回製作した新 4 極電磁石の鉄芯の加工精度は $\pm 20\mu\text{m}$ であるが、測量方法、測量機器の精度、架台の調整機構精度、据え付けにかかる時間等を鑑み、据え付けの許容誤差は改造を行わない弧部の再調整を含め、水平・垂直ともに $\pm 50\mu\text{m}$ 以内に抑えることを目標とした。この目標値は、誤差を含んだ軌道シミュレーションを参考に決められたものであり、設置誤差が $\pm 50\mu\text{m}$ の場合、COD は補正前で $\pm 5\text{mm}$ 以内には収まり、リングの立ち上げ時において COD を補正しなくても、ビーム入射は可能であろうと予想されていた。なお、今回の改造においては、偏向電磁石及び偏向電磁石付近に設置してある測量用モニユメントは位置を動かさないものとし、それを据え付け基準点として用いた。

電磁石の据え付けの最初の作業は、リングが運転中の 2 月、PF 電源棟で行われた架台上の位置調整であった。新規製作した 4 極電磁石のうち、2 台が同じ架台の上に並び 18 組に対し、同一架台上で 2 台の 4 極電磁石の中心軸と傾きをあわせる為、精密経緯儀(セオドライト、トランシット)と精密水準器を用いて位置の調整が行われた。

3 月に入って改造が始まり、リングトンネル内から古い 4 極電磁石の撤去が終わると、最初に新しい 4 極電磁石の為にベースプレート(架台の足を載せる土台)を設置する作業が行われた。ベースプレートの設置精度は、 $\pm 1\text{mm}$ 程度である。新電磁石をリングトンネルに搬入し、ベースプレートの上に設置し終えた 4 月下旬、真空ダクト設置のための仮アライメントを行った。トンネル内のアライメントにおいて、水平方向の測量には SMART(レーザートラッカー)が、高さ方向には N3(測量器)が用いられ、傾き調整には水準器を使った。なお、既設の弧部を含め、トンネル内での電磁石位置調整は全て架台単位で行った。架台上に複数の電磁石が載っている場合、それを個別に調整することはしていない。また、偏向電磁石は位置調整しないものとした。仮アライメントの据え付け精度の目標は $\pm 250\mu\text{m}$ とした。

真空ダクトが全て設置された後、6 月初めより精密アライメントを行った。方法は仮アライメントと同一であるが、測量の基準点として用いる座標の点数を 3 倍(6 点)に増やし、また、架台の位置調整(ボルトまわし)にかなりの時間をかけた。据え付けの目標は最終目標である誤差 $\pm 50\mu\text{m}$ 以内とした。据え付け完了後、チェックをかねてリング全周の再測量を行った。

今回の改造においては、測量してから据え付けを行い、再び測量を行う日程の余裕はなかった為、設計座標の算出(基準点の座標)には 2004 年 7 月下旬に行った測量結果を使った。なお、リングは入射点付近で高さ方向に最大で約 3mm 程度沈んでいることが分かっていたが、今回はそれを引きあげることせず、リングの全電磁石を傾いた同一平面上に並べることとした。据え付けは、偏向電磁石とモニユメントを基準に行ったが、6 月と 7 月



精密アライメントの様子

下旬の温度差の影響を受けてしまうこととなった。リングは夏と冬で周長が 5mm 程度変化するが、これはリング全体が 1mm 以上も膨らんだり縮んだりすることを意味する。ただしその動きは一様でなく、リングの各場所によって異なる為、据え付け結果もそれを反映したものとなった。データとしては美しくないものの、既存のビームラインの光軸に対して自然な据え付けになっているといえる。局所的な据え付け誤差も、目標である $\pm 50\mu\text{m}$ 以内に収まっており、立ち上げ時に測定した無補正の COD も、シミュレーションから予想された $\pm 5\text{mm}$ 以内に収まっていた