

STB リングのレベル測量

高橋重伸

東北大学大学院理学研究科附属原子核理学研究施設

〒982-0826 宮城県仙台市太白区三神峯 1-2-1

概要

STB リングは電子ライナックからの 200MeV のパルスビームを DC 化し、連続ビームによる原子核実験をするためのストレッチャー機能と RF 空洞により 1.2GeV まで加速させる蓄積リングとしてのブースタ機能の 2 つの運転モードがある。ライナックより入射されたビームは 600 万回/sec 程度周回するので各電磁石の設計設置精度は 0.1mm 以内とした。

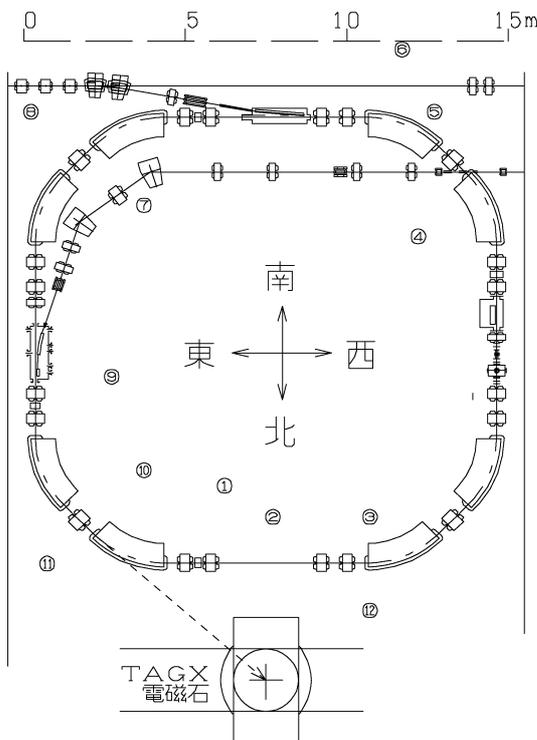


図 1 : レベルの設置場所

リング建設時 1996 年 9 月から 10 月初旬に精密アラインメントが行われ偏向電磁石 (BM) 及び Q 電磁石 (QF, QD, QC) 合計 28 台が上記許容設置精度 0.1mm の範囲でリングの各電磁石 (合計 28 台) が調整設置された。

その後、リング内には各種の電源、制御盤及び放射線シールド用コンクリートブロック (重量約 350 トン以上) が置かれている。1999 年 7 月には第 2 実験室北側に重量約 30 トンの TAGX 電磁石が搬入設置されることになったためにこの電磁石搬入前の '99 年 6 月に建設後初めてレベルの測量を行った。

その後、3 年間にわたり年 2 回程度、リングのレベル測量を行ってきたのでその結果を報告する。

1. 設置場所及び使用機材

図 1 のようにリング内外約 12 箇所 ('01 年 2 月時) にわたり KEK より管理移管された視準高 2.2m のアラインメント用ポールを設置した。このポールにはライカ社製レベル測量器 (WILD AN 2) を載せてある。この測量器は平行平板マイクロメーター GPM3 をマウントしてあり、上下 ± 5 mm の可動視野がある。目盛りは 0.1mm 間隔であるが目感でその 1/10 (10μ m オーダー) まで読み取れる。円形気泡管を表示管内の円内に合わせれば鉛直軸自動補償装置により 0.3 秒の範囲に入る。望遠鏡倍率は 32 倍であったが現在は 40 倍にしてある。また BM の上部には 3 箇所、QM では 2 箇所アラインメント台座用の穴 40Φ が設計中心軌道上にあけてある。

2. 測量方法

測量は各電磁石の穴の上に図 2 のようなアラインメント台座を置きその上に Taylor hobson 社製の球面ターゲットを載せてレベル測量器で計測する。QM の測量では高さを BM に合わせるため円柱状の鉄製の補正棒をアラインメント用穴に差込み、266mm の所にターゲット (マーキング) シールを貼ってゲタを履かせて測量可能なレベル範囲に合わせてある。

計算上の基準点はレベル測量器から最短ポイントを基準として、相対高さ mm として計算した。(但し BM 4 は可動式なので除いた。) Q 電磁石は前述のとおり BM より低いので、測定データから補正棒の長さ 266mm と磁場中心—台座高間の数値を考慮して計算している。測量状況を以下に述べる。図 3 参照。

'99 年 6 月 : 測量ポールを図 1 の①の位置だけに固定し、TAGX 電磁石搬入前でリング北側のみを測定したデータである。BM と QM は高さが異なるので別々に測った。大体、 ± 0.1 mm の範囲であった。建設時から 3 年間経過しているのでもっとレベル変化が大きいと思っていた。

'99 年 11 月 : 測定場所は図 1 の①、⑥、⑧の 3 箇所変えて行ったこれも BM と QM は別個に測量した。⑥、⑧の位置はリング内に測量ポールをにセットする場所がなかったためである。

約 0.6mm 程度とズレが大きくなってきていた。特にリング東側の傾きが大きく、その時は重量物の設置によって床面が歪んだものと考えていた。

'00 年 6 月 : 測量するための日数が取れなかったため、測定場所は図 1、①の 1 個所だけである。今度は BM と QM を同時に測量した。

東側のズレが非常に小さくなっている。予想に反

して、リングのレベルの変化が小さくなってきている。測量誤差によるものか、季節による変動なのか、重量物搬入による影響なのかまだ判らなかつた。

‘01年2月：外気温の一番低くなる1月下旬から2月中旬にわたってリング全周のレベルを測量した。測量ポール設置ポイントは8箇所である。今までQMの測量時には補正棒を使ってきたが今回は直接台座に球面ターゲットを載せて測った。そのためBMとQMは別々のデータになってしまった。図3はQMのみのデータである。外気温度は $-1.5\sim 7^{\circ}\text{C}$ であった。今まででは一番変位量が大きく高低差は0.8mm程度になっていた。尚、QM測量時の補正棒と球面ターゲットを使用した時との誤差は $10\sim 20\mu\text{m}$ と、あまり変化が認められなかつた。

‘01年4月：主に、リング北側のみ測量。東西壁にマーキングシールを貼り付けた。BMとQM両方測量するようにした。気温は平均 15°C 程度であった。

‘01年6月：前回、4月に貼り付けた壁のマーキングシールとその付近にある各電磁石とのデータ収集のためにリング北東側⑩、北側①及び北西側③の3箇所て測量を行った。外気温は $22\sim 28^{\circ}\text{C}$ であった。

3. 測定データの考察

STB冷却水は常時一定温度 20°C 程度で運転している。各年のQMのみの変位は’99年6月は0.2mm、同年11月には0.6mmと拡大、しかし翌’00年6月には0.2mmの変化に戻っている。2001年2月の測量では1mm弱変化し、同年6月では北側のみではあるが変化が小さくなっている。毎年同じようなレベル変位パターンすなわち、外気温度の高い夏は変位が小さくなり冬になると大きくなる傾向がある。

それも30トン電磁石に近いリング北側直進部が冬は他の場所より特に高くなり夏になると戻る。あるいは他の場所たとえば入射ポイントである東側が低下することが考えられる。これは重量物設置による影響とは考えにくい。

また、BM1とBM3のレベルの傾き(チルト)が冬場、最大0.3mmと他のBMより大きくなっている。

第2実験室は半地下構造で地上部は土盛りされ、天井(屋上)のみ直射日光があたる。図3では毎年、変位が拡大しているようにも見えるがこれは測量時期によるものではないかと推測する。リングが精密アラインメントされた時期は前述したように9月から10月にかけてであった。

今年の4月と6月のデータから東西壁面とその付近の電磁石との変位の関係を調べたが壁面の動きと同期して変化している。ただ、このリングが置かれている第2実験室は30数年にわたって100~200トン近い重量物が置かれてきた。

このレベル変動が周回ビームに与える影響はリングのキッカーK1のjitterやBM,QM電源の変動が大きいことなどにより現時点では解明されていない。STBリングの周回ビームの質の向上のためにはレベルを精密に把握しビーム制御にフィードバックしていかなければならない。

4. 今後の課題及び所感

1) リング全周囲の各測定ポイント(BM=24点、Q電磁石=60点)を測定するためには重い(100kg程度)測量用ポールをクレーンで10箇所程度移動して固定しなければならない。移動や設置のときに電磁石やダクト等にぶつけないよう注意しなければならない。測量時には視準位置が2.2mなので脚立に立って視準するので長時間になると疲労のため誤差が大きくなる。

2) 測量機器の設置空間が狭いため見渡せるポイントが限定される。シールドブロックや各種制御盤筐体の搬入搬出用吊りIボルト、BM用吊り金具が測量の邪魔をするためブロックの移動やこれら部品の取り外しが必要な場所が多い。レベルの最短合焦点距離が1.6mなので設置場所が限定されるときには至近距離の視準ポイントが見えない。

3) レベル測量データは個人誤差、測定時間帯(外気温度の変化)、測量場所、室温、空調の有無、天井クレーン使用の有無など、様々な測定条件が異なっていることを考慮しなければならない。なるべくクレーンは北側の一定の場所に置いておくが、実験の組換えなどによりクレーン使用中も測量せざるを得なかつた。1日だけの定期点検日しか日程が取れないときは上記条件を無視しないと測量できない。安価で短時間に、測定者の目に依存しない且つ、リング運転時でも測量できる方法を検討している。

4) 建設時の測量基準レベルラインは床面から約1.6mのビームライン上で東西壁にマーキングしてある。リング内は高さが2.0m以下は前述のように見渡すことができない。このため今まで2.2mでの相対高さで各ポイントのデータを繋いで行った。

謝辞

以上に述べた報告は以下に述べる方々のご協力、ご助言によるもので深く感謝いたします。(順不同)

荒木 栄 KEK ATF
日出富士雄 核理研
七尾昌士 核理研

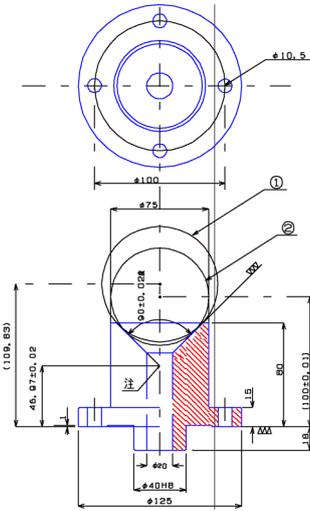


図 2 : アライメントターゲット台座

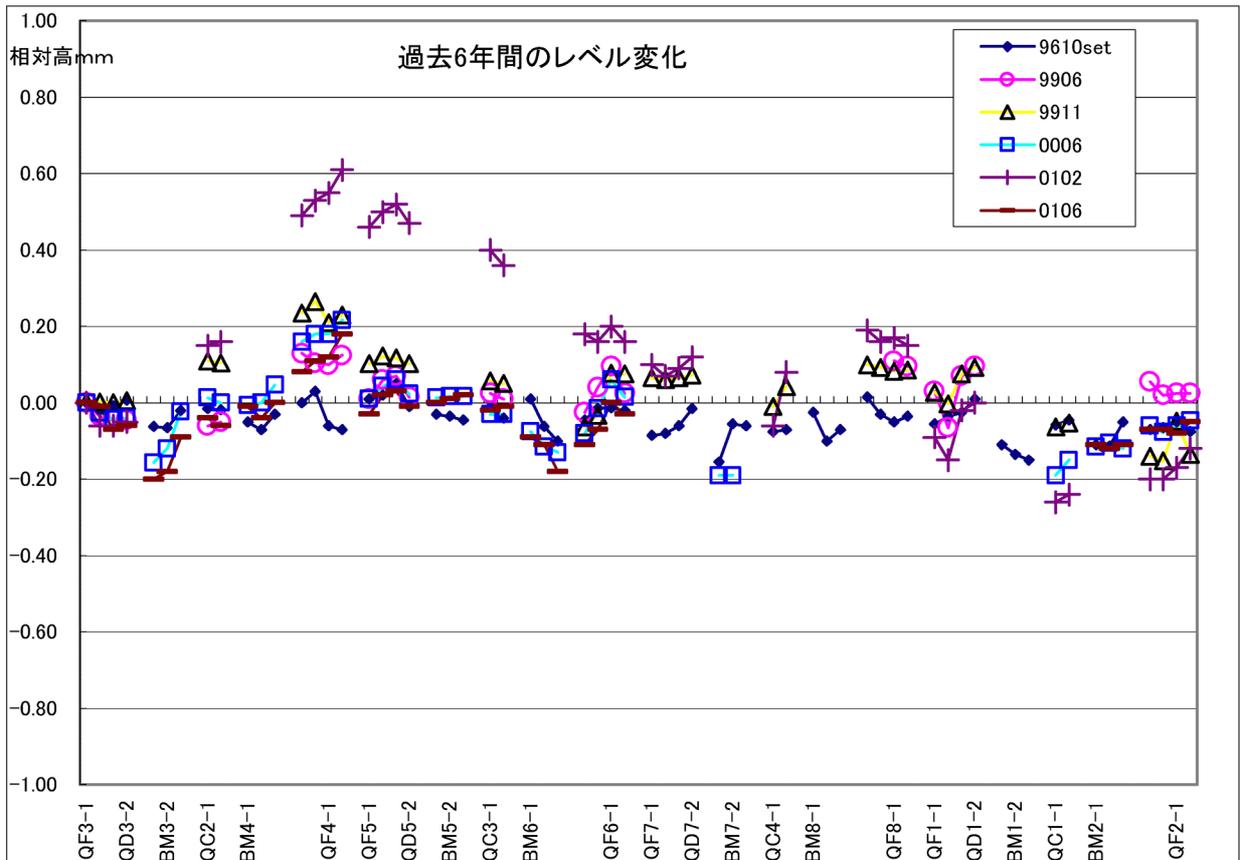


図 3 : STB リングのレベル変動