

EFFECT OF UNDERGROUND WATER LEVEL ON ELECTRON ORBIT AT SPring-8 STORAGE RING

K. Tsumaki, C. Zhang

JASRI/SPring-8

1-1-1 Koto, Sayo, Hyogo, 679-5198

Abstract

We studied the effect of underground water level on electron orbit. A hole was drilled in a rock on which the SPring-8 storage ring was built. Water level in the hole was measured, and the relation between the water level and the orbit change was investigated. Close relation between them was found. We studied the mechanism of orbit change due to underground water. From the orbit change distribution around the ring and the floor level change obtained by hydrostatic leveling system, we concluded that the orbit change is caused by floor rise brought by underground water.

地下水位のSPring-8蓄積リング電子軌道に与える影響

1. はじめに

近年、加速器が大型化、精密化されるにつれ、周囲の温度変動や振動などの環境要因の加速器の性能に与える影響が、大きくなっている。放射光用の蓄積リングでは、エミッタンスを小さくするためには電磁石の収束力を強めなければならない。そのため、誤差に対する感受率が高くなってしまい、わずかの誤差でも大きな軌道変動を引き起こす。さらに、ビームサイズ自身も小さくなるため、大きな軌道変動でなく、小さな軌道のずれでも相対的な軌道変動は大きくなる。例えば、 $10\ \mu\text{m}$ のビームサイズで $5\ \mu\text{m}$ の軌道変動があればビームの位置は50%もずれてしまうことになる。このことが環境要因の変動が重要性をましている大きな理由の一つである。

SPring-8では蓄積リングの建設以来、環境変動の軌道に与える影響を継続して調べ、変動原因を取り除き、軌道を安定化させる試みを続けている[1-4]。その一環として地下水位の変動が軌道に与える影響を調べるため、リングの近くに深さ10mの井戸を掘り、水位計を設置した。本報告では、蓄積されたデータを検討し、水位と軌道変動の関係を明らかにし、そのメカニズムについて検討したのでその結果について述べる。

2. 地下水位計測システム

図1に測定系とデータ収集系を示す。水位の測定場所は、図2に示すようにセル8 (C8)に近い、蓄積リング内周側である。地下は岩盤になっており、この岩盤に直径110mm、深さ10mのボーリング孔をあけ、外径89.1mm、内径76.2mmのSUSパイプを挿入した。SUSパイプの下から1mまでパイプの外側と自由に水が往復できるように、直径10mmの穴が30個あけてある。地表から9mの深さまでSUSパイプと岩の隙間にモルタルを注入し、パイプを固定するとともに、地表の雨水が侵入しないようにした。パイプの深さ9mの位置には水位計（ひずみゲージ、

Tokyo Sokki Kenkyujo KW-20C)を設置した。水位計からの出力は測定器 (Tokyo Sokki Kenkyujo, TD-93A) に導かれ、最初はSmartLink(KEITHLEY, DCV32ETHRTC8ch)、SmartLinkが使用できなくなったからはマルチメータ (KEITHLEY, 2701 ETHETNET MULTIMETER) に導かれ、Ethernetを介してデータベースに落とされる。また測定器からの出力はパソコンにも取り込んでいる。

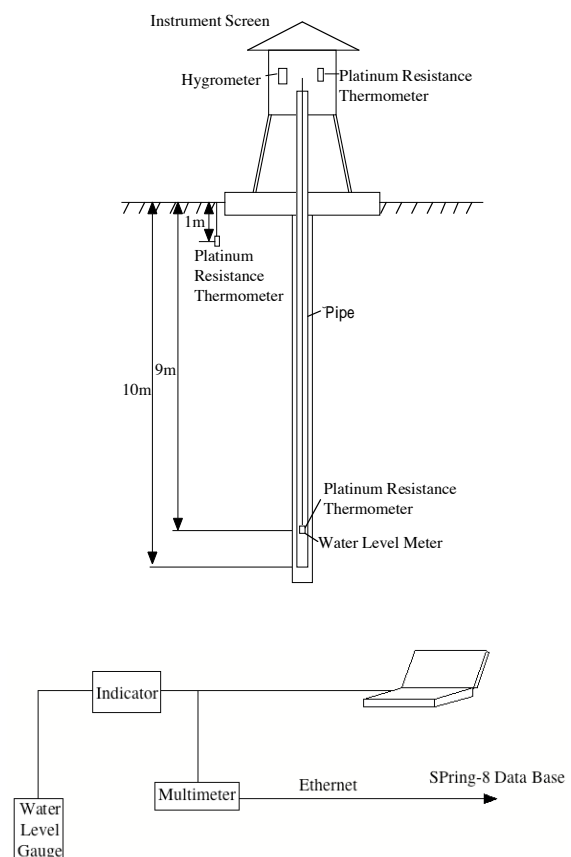


図1：地下水位の測定系

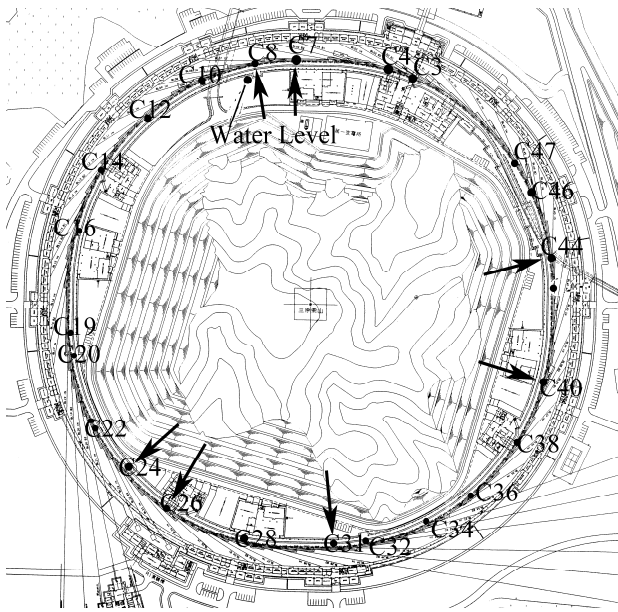


図2：蓄積リングと地下水水位測定箇所および補正用ステアリング電磁石設置場所

3. 結果と検討

3.1 地下水水位と軌道変動

図3(a), (b)の上部に地下水水位の変動を示す。水位は雨がふると急速に上昇し、その後ゆるやかに減少してゆくのがわかる。

SPRING-8蓄積リングでは、各運転サイクルの最初に通常のステアリング電磁石で軌道補正を行い、その後はその軌道を基準に30秒に1回、高精度ステアリングで軌道補正を行う。そのため軌道の変動は直接は観察できないが、高精度ステアリングの励磁量の変化が軌道変動を表す。

高精度ステアリングは、図2に示すように全周にわたって水平、垂直各24台、2004年9月からはさらに各24台増強し、合計、各48台設置されている。これらのステアリングの内、垂直方向ステアリングの励磁電流の変化と水位の変動を図3に、さらに一部を拡大したものを図4に示す。これより水位と軌道に明確な相関があることがわかる。さらによくみると、水位が上がると励磁電流が増え（+方向）、下がると励磁電流が減少（-方向）するステアリング（図4(a),(b),(c)）と、その逆のもの（図4(d)）、があることがわかる。

蓄積リングのチューンの少数部は0.5以下なのでステアリングの励磁量が増せば（+方向に行けば）、その場所の軌道は上がり、励磁量が減れば軌道は下がる。またベータatron関数と磁石強度の関係から架台が上昇すると軌道は上昇する。このことから水位が上昇し、ステアリングの励磁量が減ったところ

は架台が上がり、逆のところは相対的に架台が下がっていることを意味している。

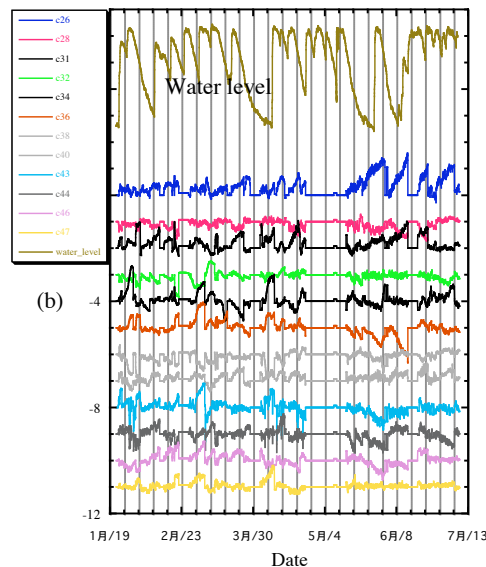
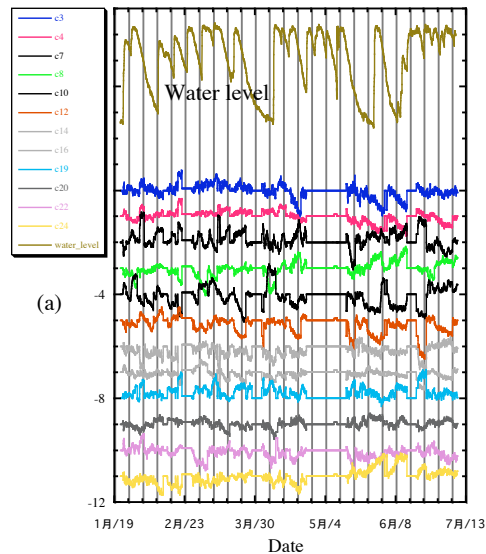


図3：地下水水位と蓄積リングの各場所の軌道補正用垂直ステアリング電磁石の励磁電流

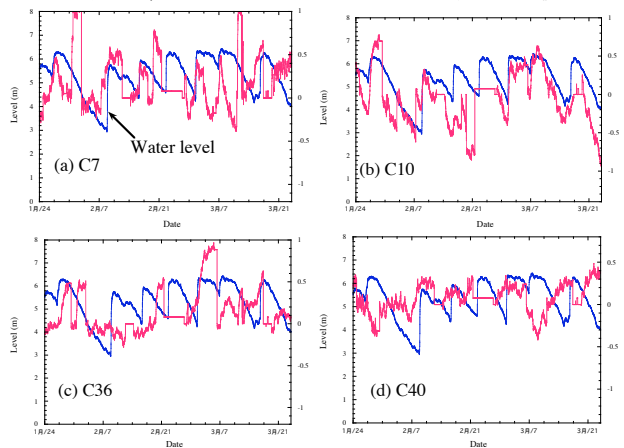


図4：地下水水位とステアリング電磁石の励磁電流
3.3 軌道変動のメカニズム

ステアリング電磁石の励磁量と水位が逆の動きをしているところを図2に中心から外側を向いた矢印示す。これより雨が降り、水位が上昇し、ステアリング電磁石の励磁量が減るところは、C44のトランスポートラインがある箇所を除き、山の沢すじにあることがわかる。これより次のような仮定が成り立つ。即ち、蓄積リング内側の山に雨が降ると、山の沢すじの地下の岩盤の割れ目に地下水が集まり、沢すじの地面が押し上げられ、その上にある蓄積リング床面が上昇し軌道が変動する、というものである。

以上の仮定を検証するため、収納部に設置されている、Hydrostatic Leveling System (HLS)[5]のレベルの変動を調べた。図5にHLSの設置場所を示す。HLSの長さは50mで、HLS1からHLS6の6点で床面の高さを測定できる。HLS1は井戸の直近に設置されており、HLS4はアンダーパスの真上に設置されている。図6に水位とHLS1の測定結果を示す。図でHLSの測定結果は床面の高さ変化をそのまま表している。ただし図では季節変動の影響を取り除いたものをプロットした。これより水位が上がると、床面も上昇していることがわかる。これをさらにはっきりさせるため、HLS1からHLS6までの測定結果の時間変化をプロットしたものを図7に示す。図より水位が上がると、HLS1の場所の床面が最も上昇し、HLS1から離れるに従って上昇が少ないことがわかる。このことから、井戸のあるセル8 (C8) 近辺に地下水の通り道があることが予想される。また図2からも明らかなようにこの近辺は沢すじでもある。

以上より、雨が降ると、雨水が地下水となり、沢すじの岩盤の割れ目に流れこみ、蓄積リング収納部床面を押し上げ、それが軌道変動の一因になっていると推定できる。



図5：HLSの設置場所

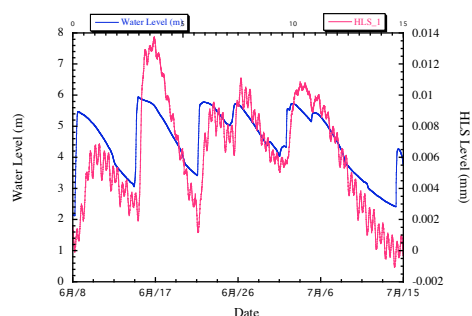


図6：地下水水位とHLS 1の測定結果

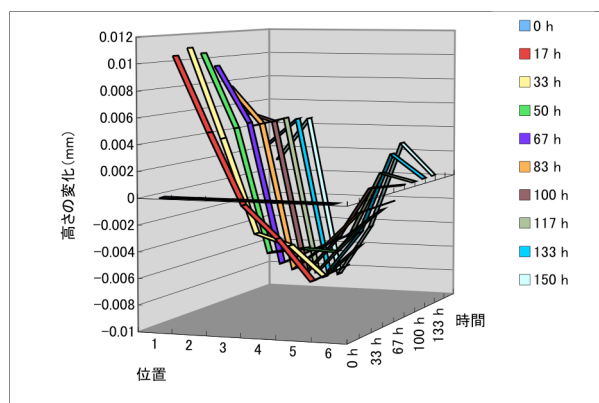


図7：HLS1からHLS6の高さの時間的变化

4. まとめ

地下水と軌道変動の関係を調べるため、岩盤に穴をあけ水位計を設置した。得られたデータを、軌道変動を表す軌道補正用のステアリング電磁石の励磁電流と比べてところ、明確な相関があった。

さらに蓄積リング一周分にわたり軌道変動分布を調べたところ、地下水水位が上昇すると常に軌道が上に上がる箇所と逆に下がる箇所があった。これを地形図と比較したところ、一部例外を除き、沢すじのところが上がることがわかった。これより、リング内側の山に雨がふると、沢すじに水がながれこみ、岩盤のわれめに入り地表を押し上げ、その結果床面が上昇し軌道が上がるとの仮定をたてた。

収納部内に設置されている水レベルシステムで床の動きを調べたところ、水位を測定している箇所の床面が水位に比例して上下していることがわかった。これより、地下水水位の変動とそれに伴う床面の上下運動が軌道変動の一因であることが確認できた。

参考文献

- [1] K. Tsumaki, J. Ohnishi, K. Hasegawa, and S. Matsui, "Effect of Temperature Variation to the Beam Stability of the SPring-8 Storage Ring", SPring-8 Annual Report 1998, p. 129.
- [2] N. Kumagai, K. Soutome, H. Tanaka, H. Yonehara, and N. Kumagai, "Beam Orbit Distortion caused by Temperature Fluctuation of Cooling Water at SPring-8 Storage Ring", The 12th Sympo. On Accel. Sci. and Tech., 1999, p. 420.
- [3] K. Tsumaki, N. Kumagai, "Vibration Measurement of the SPring-8 Storage Ring", Proc. of the 2001 Part. Accel. Conf., 2001, p. 1482.
- [4] S. Matsui, M. Oishi, H. Tanaka, T. Yorita, K. Tsumaki, N. Kumagai, and T. Nakazato, "Orbit Fluctuation of Electron Beam due to Vibration of Vacuum Chamber in Quadrupole Magnets", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 42 (2003) p. L338.
- [5] C. Zhang, K. Fukami, S. Matsui, "Primary Hydrokinetics Study and Experiment on the Hydrostatic Leveling System", Seventh International Workshop on Accelerator Alignment, SPring-8, November 5-8, 2002.

