

## VIBRATION MEASUREMENTS IN THE KEKB TUNNEL

M.Masuzawa, Y.Ohsawa, R.Sugahara, H.Yamaoka  
High Energy Accelerator Research Organization  
Oho 1-1, Tsukuba, 305-0801

### Abstract

The vibration of the KEKB tunnel floor near the interaction point (IP) was measured. A clear on/off effect due to the air conditioning in the electronics hut near the IP was seen. The vibration of the magnet support table, and that of the magnets near the IP, were also measured. These measurement results are presented here.

## KEKBトンネルにおける振動測定

### 1. はじめに

KEKのある茨城県つくば市は関東平野の洪積層地盤に位置し、加速器施設としては比較的地盤振動レベルが高い場所にある。KEKBトンネル床レベルは地下11mにあり、トンネル周囲の地質は砂質、砂礫土と粘性土を伴った複雑な互層地盤構造となっている<sup>[1]</sup>。実験ホール床は地下20mに位置するが、床コンクリート下面は礫質土層に達する長さ20m、直径1.2~1.4mの杭で支えられている。今回このKEKBトンネルにおける振動測定をビーム運転停止期間中に行ったので結果を報告する。

### 2. 測定

#### 2.1 測定機器

振動測定には加速度センサーを使用した。加速度センサーからの信号は増幅されたのちデータロガーに送られる。機器類の仕様を以下の表にまとめる。

表1：測定機器使用

加速度センサー/MG-102S (株) 特許機器	
最大入力	±2G
感度	0.5102 V・s <sup>2</sup> /m
DC分解能	10 <sup>-6</sup> m/s <sup>2</sup>
周波数範囲	DC~400 Hz
Cross talk	1/1000
重量	160 g
増幅器/OSP-06 (株) 特許機器	
測定周波数範囲	0.1~400Hz
データロガー/DS-2000 (株) 小野測器	
A/D変換	24 bit

#### 2.2 測定場所

今回の振動測定では6センサーを3台ずつ二組に分け二カ所の振動を同時に測定した。一組のセンサーを例えばマグネット架台の上に置き、もう一組を近くの床上に置く、という方式をとった。図1にト

ンネル概要を示す。トンネルはコンクリートの熱膨張・収縮を吸収する為のexpansion jointで分割されている。今回の測定は衝突点近傍、つまり図中のTsukuba及び一つexpansion jointを越えたTR0セクションで行った。センサーの方向は水平方向をX、Y (Xはビームと直角、Yはビーム方向)、垂直方向をVと定義した。

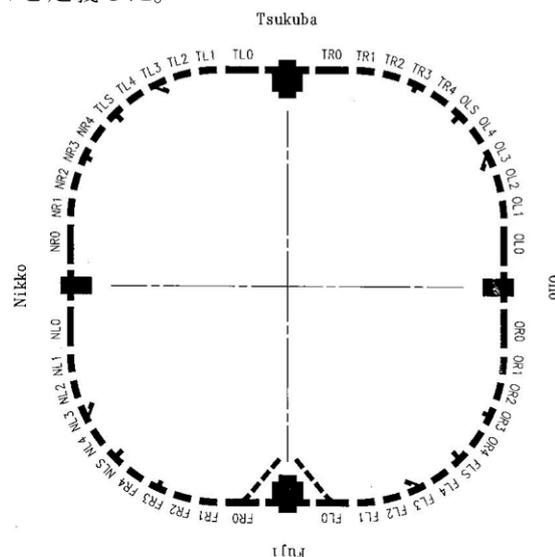


図1：KEKBトンネル概要

### 3. データ解析

#### 3.1 四極マグネット上の振動

TR0セクションにある四極マグネットQB4RP及びQA2RPの振動測定を行った。QB4RP/QA2RPはそれぞれボア径166mm/110mm、積層長500mm/400mmで、重量は約2/1.5トンである。トンネル床に600mmの段差がある為マグネット支持架台の高さがその分互いに異なっている。加速度センサーはマグネット基準面上に設置した。床からセンサーまでの高さはQB4RPで約1.9m、QA2RPで約1.3mである。データ

収集はサンプリング周波数512Hz、収録時間1分で行った。図2にQB4RPのパワースペクトルを示す。十数ヘルツに振動ピークがある。このピークはX、Y、V方向全てに現れ、振幅は水平方向については数分の一マイクロン程度である(図3)。このピークはQA2RPにもあるがQB4RPに比べると小さい。これはQA2RPマグネット支持架台の方が低い(床からの距離が短い)という事が一因であると思われる。

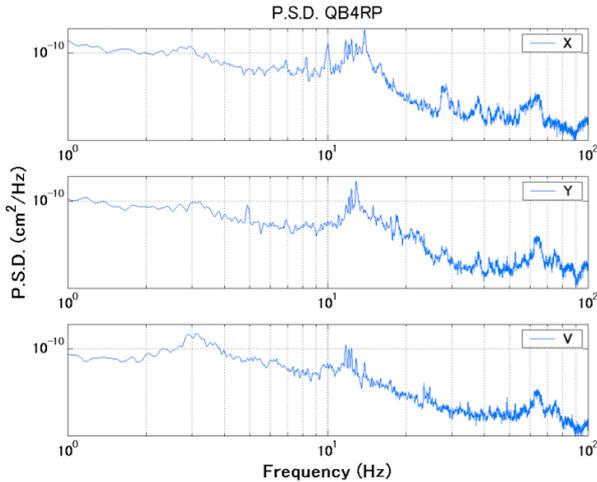


図2 : QB4RPでのPower Spectrum Density (P.S.D.)。

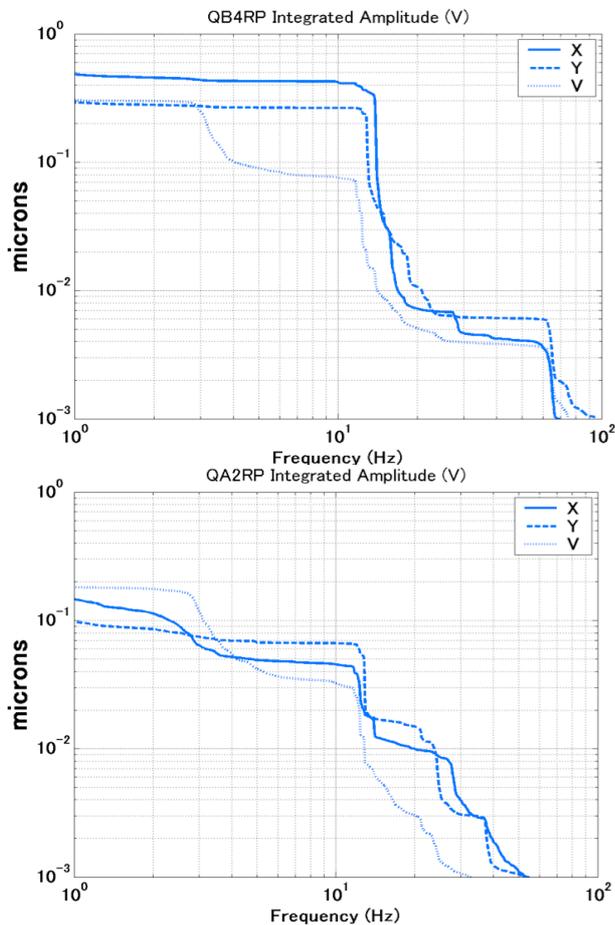


図3 : Integrated amplitude、QB4RPとQA2RPの比較。

同時に測定した床振動振幅を図4に示す。床振動にも十数ヘルツ近辺にピークがあることがわかる。

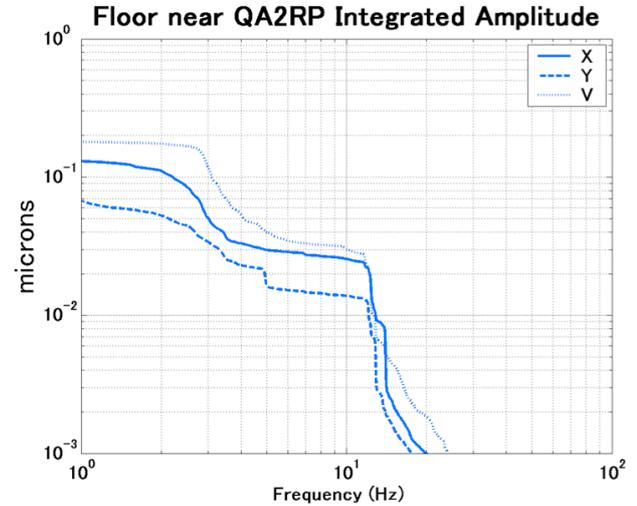


図4 : QA2RP付近床での振動振幅。

### 3.2 Belleエレキハット空調オンオフの影響

次に衝突点付近の測定結果を示す。より精度を上げる為に収録時間3分で行った。測定場所は衝突点マグネット、その近傍の床、移動架台<sup>[2]</sup>等であるが今回は床と衝突点マグネットの振動について述べる。測定では衝突点付近の真空機器空冷用のブローアオンオフ、Belle<sup>[3]</sup>エレキハットの空調オンオフを行いそれらの影響も調べた。測定場所、条件をまとめて表2に示す。前セクション同様センサー組は常に近傍の床に設置した。図5に床上振動の時間系列信号を示す。エレキハット空調の影響がX、Y、V方向全てに見える。床振動振幅のr.m.s.を図6にまとめる。

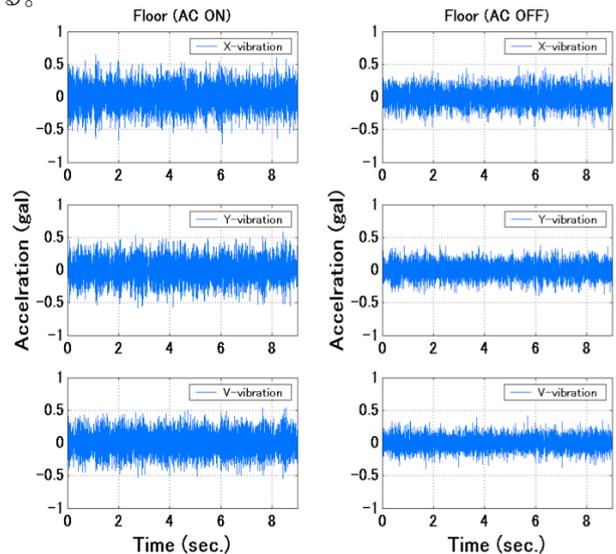


図5 : 衝突点R側(リング内側から見て右側)床の振動。左/右側は空調オン/オフに対応。それぞれ上からX、Y、V方向の振動の9秒間の時間変化。

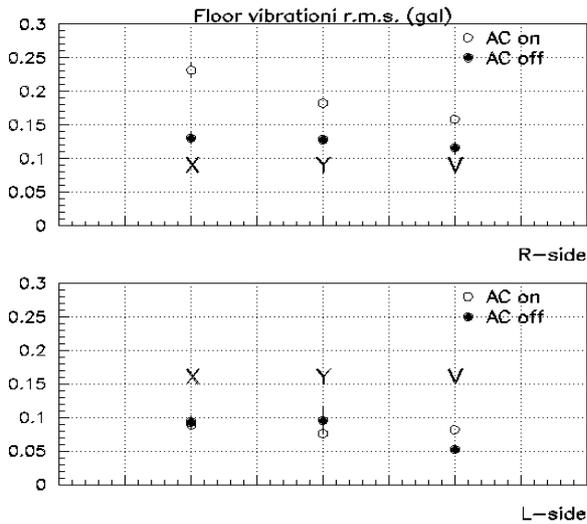


図6：床振動振幅r.m.s. (gal)。上：R側/下：L側。

表2：測定条件まとめ

case #	場所	真空ブローア	空調
1,2	移動架台L側	オン、オフ	オン
3,4	テクノ架台L側	オフ、オン	オン
5,6	QC1LE	オン、オフ	オン
7,8	QCSL	オフ、オン	オン
9,10	QCS支持架台L側	オン、オフ	オン
11,12,13	QCSR	オン、オン、オフ	オフ
14,15	QC1RE	オフ、オン	オフ
16,17	QCS支持架台R側	オン、オフ	オフ
18,19	移動架台R側	オフ、オン	オフ
20,21	テクノ架台R側	オン、オフ	オフ
22,23	QC1RE	オン	オン
24	QCS支持架台R側	オン	オン
25	移動架台R側	オン	オン
26	テクノ架台L側	オン	オン
27	QCSL	オン	オフ
28,29	QC1LE	オン	オフ
30	QCS支持架台L側	オン	オフ
31	移動架台L側	オン	オフ
32	テクノ架台L側	オン	オフ

図7には最も振幅が大きく、また空調のオンオフの影響も大きかったX方向の振動について各周波数帯での振動振幅をプロットした。

#### 4. まとめ

KEKBトンネル衝突点近傍で床及びマグネット、マグネット支持架台の振動測定を行った。Belleエレキハットの空調の影響がR側の床振動に現れた。L側への影響はあまりはっきりしない。但し、床振動振幅は数十ナノメートルのオーダーなのでKEKBの運転に支障を来す程ではない。マグネットの振動については、10Hz以上の振動成分はQCSよりもQC1L/Rの方が大きい。1Hzまでの遅い成分を入れるとQCSL/R、QC1L/Rのどれにも振幅数百ナノメートルの振動が現れる。しかし、これも衝突点での水平方向のビームサイズ100 $\mu\text{m}$ に比べると十分小さいので運転の障害にはならないと思われる。各場所で特徴的に出る振

動の源については測定個所を増やして更に調査を進める。また、長期データを取り振動の時間依存性についても調べる予定である。

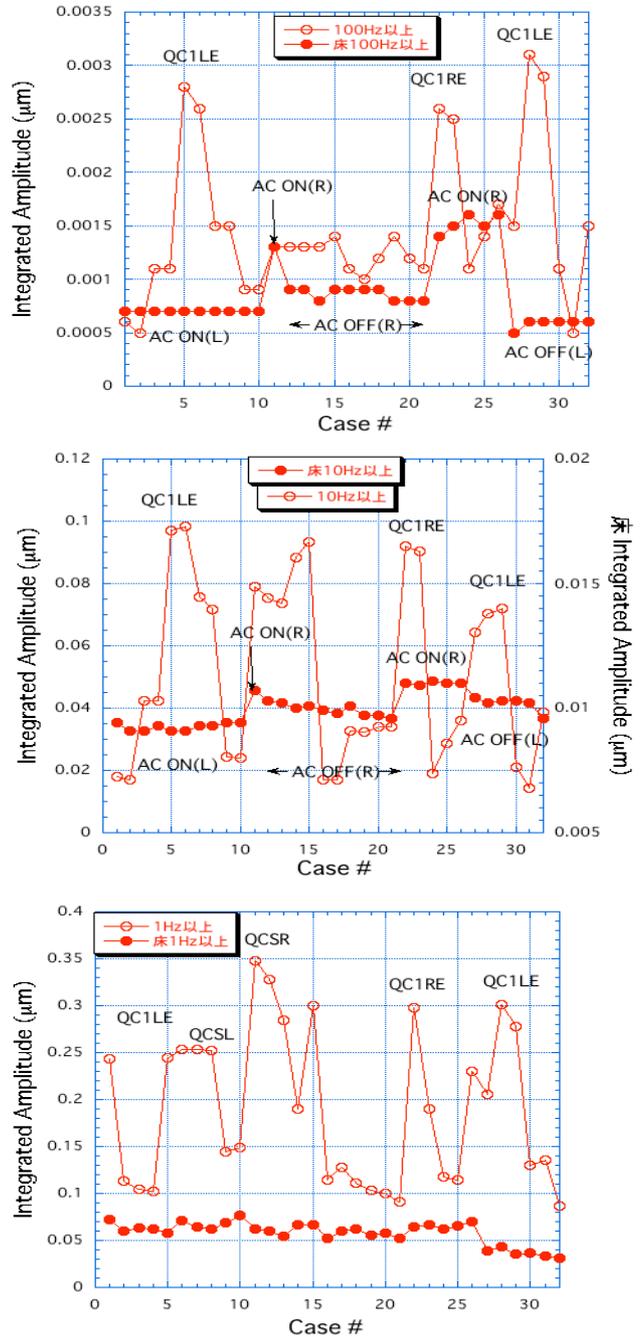


図7：上より、100Hz以上、10Hz以上、1Hz以上の振動振幅。横軸は表2にある測定条件番号 (Case#)。

#### 参考文献

- [1] R.Sugahara, et al., “KEKおよびSpring-8における常時微動測定”, KEK Report 2003-12,
- [2] KEKB B-Factory Design Report, KEK Report 95-7
- [3] /http://belle.kek.jp/