

FLOOR VIBRATION OF ACCELERATOR TUNNEL AT XFEL/SPring-8

Sakuo Matsui

RIKEN

1-1-1 Kouto, Sayo-cho, Sayo-gun, Hyogo, 679-5148 JAPAN

Abstract

There are some peaks of ground vibration around 3 Hz in the horizontal direction and 5 Hz in the vertical on the filled ground in the XFEL liner accelerator tunnel. These vibrations depend on the length of filled soil and others. The integrated displacement is less than 0.1 micrometer at 0.01 Hz when the sea is calm. The integrated displacement is 1nm at 1Hz on the light source area in the horizontal and vertical directions. The cover of STS2 is necessary for long term stability when measuring floor vibration in the accelerator tunnel.

XFEL/SPring-8の収納部床の振動特性

1. はじめに

SPring-8サイトではこれまで盛土のところは人工岩盤に置き換えるなど対策を施し比較的岩盤のいいところで加速器を建設してきた。今回建設するXFELは線型加速器部分が通常の埋め立て地の上となった。このような事情もあり振動特性を測定した。

2. コンクリートブロックの振動

センサーはVSE15D (0.2~70Hz 速度出力 東京

測振製) ADCはGraduo (8ch 24bit 小野測器) でいずれの電源も自動車用12Vバッテリーを使用した。

最大50mの高さの埋め立て地であるため沈下が心配されるので加速器トンネルと同様の重量で沈下の実験がなされた。このブロックとすぐ南に作られたコンクリートのベース上で振動を測定した。

ベースはブロックの中央から約20m南にあり、各センサーの測定方向は表のように設置し同時に測定

	ブロック	ベース
北	1 ch	4 ch
東	2	5
鉛直上	3	6

した。フーリエ変換しそれぞれの方向で位相差をプロットしたのが図2で、水平方向は南北、東西とも3Hz、上下方向は5Hzでベースのところと同じように振動していることがわかった。

これらのピークがブロックの固有振動ではないことを確認するため、1, 2, 3chはブロックの南側、4, 5, 6chは西側といずれもブロック上に方向を合わせて設置し、ブロックの傍で跳んだりしてブロックを加振した。このスペクトルを図3に示す。7, 15, 20Hz付近にピークが出たがこれはブロックと地面の固有振動と考えられる。図2でブロックにのみ水平7Hzがわずかに出ているがこれはブロックの固有振動であると思われる。

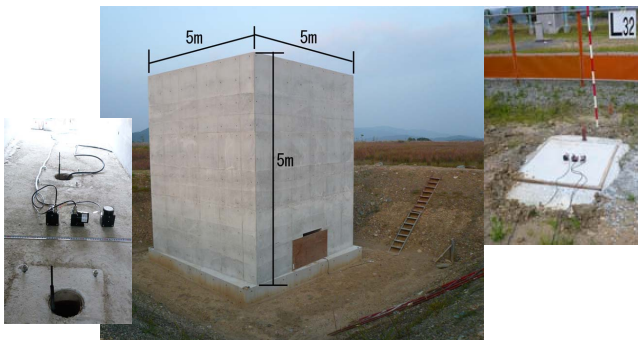


図1 載荷試験用ブロック。左はブロック内部のセンサー (孔は沈下量測定用)、右はブロックの南側の地面 (ベース) 上のセンサー

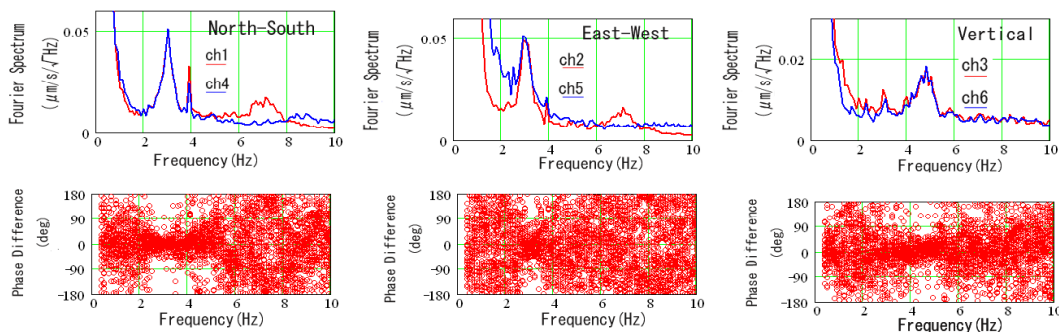


図2 最も盛土の深い部分にすえたブロックの振動スペクトル

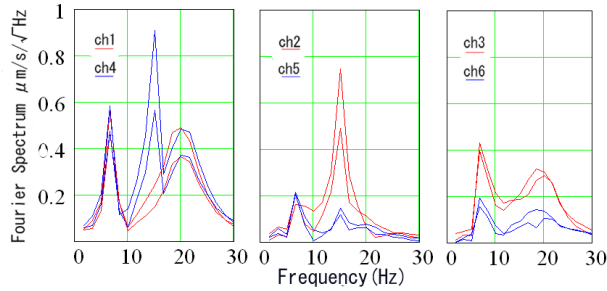


図3 ブロックを加振したときの振動スペクトル

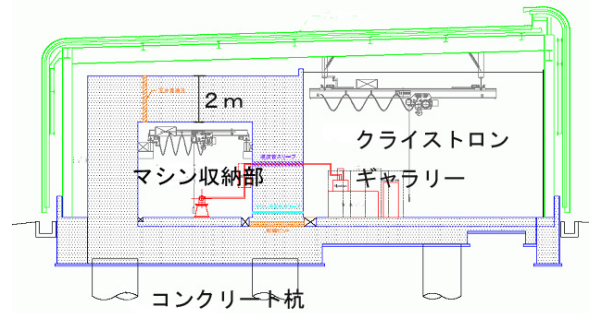


図5 加速器棟断面図

砂礫層、ローム層の場合の卓越振動数は3Hzといわれているのと大体一致していると言える^[1]。

3. 地盤とトンネル構造

SPRING-8サイトで主な中硬岩は緑色の変ハンレイ岩であるがマシン収納部は盛土の上が多く部分を占める。そのため直径1.5mの杭が136本も埋め込まれこれにトンネルの床が支えられている。コンクリートの厚さは2mである。

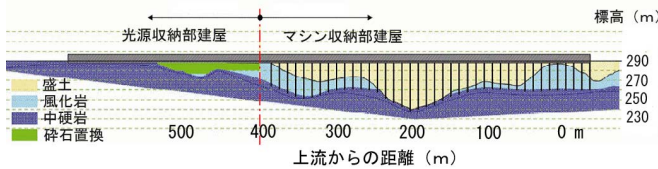


図4 XFEL地盤の構造と杭

4. 測定

4.1 測定

センサーはStreckeisen社のSTS2 (0.01~70Hz)

を2台、ADCはQuanterra社Q330を使用した。今回は10Hz以下を対象にしているのでサンプリングは20Hzで6時間連続で行った。2台の間隔は建設の通り芯を単位に7.5mとした。

4.2 結果

波浪による振動は0.2Hzあるいは0.07Hz付近にピークが出るのでそれ以下のところの積分振幅は測定した時の海上の条件にもよる。図6は穏やかな時の結果で、場所は比較的深い盛土の上なので水平3Hz、上下5Hz付近の振動があるが、これは光源棟や加速器棟の上流部には見られなく、その場合1Hzのところ積分スペクトルはちょうど1nmであった。

4.3 KEKサイトとの比較

2008年11月トンネルができつつある時期にXFEL_L34=224m付近のトンネル内で測定した。測定した中で海が荒れていなくて0.1 Hz 0.1 μm程度の上方向スペクトルを、KEKサイトで比較的振動の小さい場所での結果に重ねたのが図7である^[2]

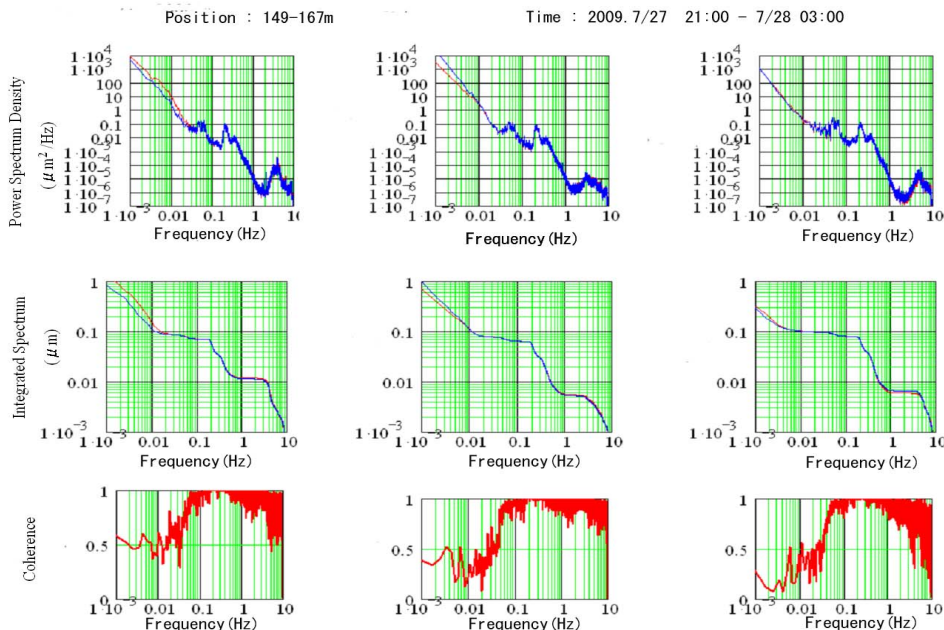


図6 加速器トンネルの床振動の例。

XFEL(青)はKEK (赤と深緑) にくらべ1~20Hzでは1桁程度の差が見られる。

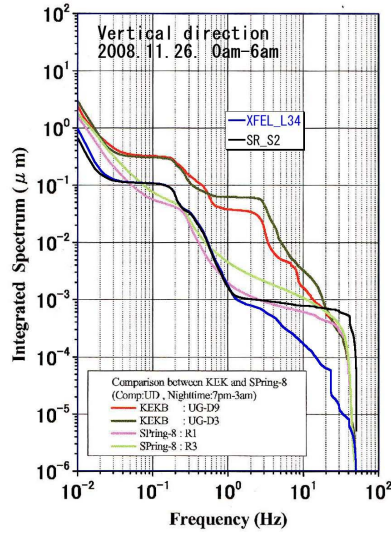


図7 XFELサイトとKEKサイトとの上下方向の積分スペクトルの比較

4.4 地盤と振動の関係

図6のスペクトルで1~10Hzは地盤の影響を受けていると思われるので加速器棟7.5m毎のスペクトルを色グラフにした。(図8)盛土の深いところで振動数は低く、加速器棟の両側で高くなっているのがわかる。いちがいに3Hzと言っても必ずしも最も深いところで振幅が最も大きいわけでもなくまた場所により連続的に変化しているように見える。上下方向は水平とはかなり異なっているのもわかる。

5. まとめ

加速器トンネルで盛土の上に杭構造で載っている部分にはやはり礫層の特徴である3~5Hz振動があるのでこのへんに固有振動があるような機器が置かれる事があれば問題になるかもしれない。光源棟のところの振動レベルは積分スペクトルで水平、上下とも1Hzで1nmと小さい。測定を手伝っていただいた古川敏美氏に感謝します。

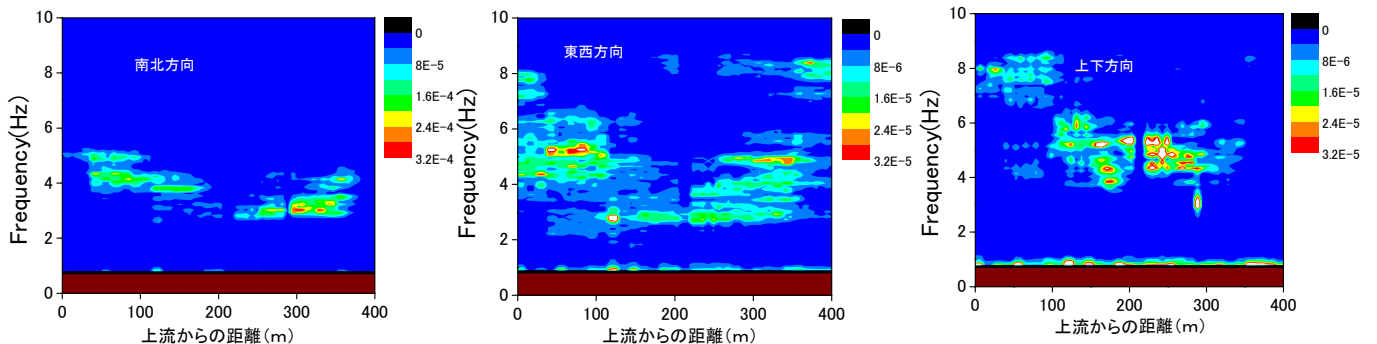


図8 加速器棟の10Hzまでの床振動スペクトル。振幅の単位は $\mu m^2/Hz$

6. その他

STS2は周囲の温度変化に敏感なため図9のようにカバーをして測るのが必要である。交互に発泡スチロールでカバーし、センサーの良し悪しでないことを確かめた。いろいろな保護の方法を比較した報告もあり1分を越えるような周期の振動を測定するには設置の環境が重要になってくる。図10はカバーの影響を調べたもので、特に水平方向に差がでる。



図9 カバーの効果を見るために1台は発泡スチロールで覆っている。

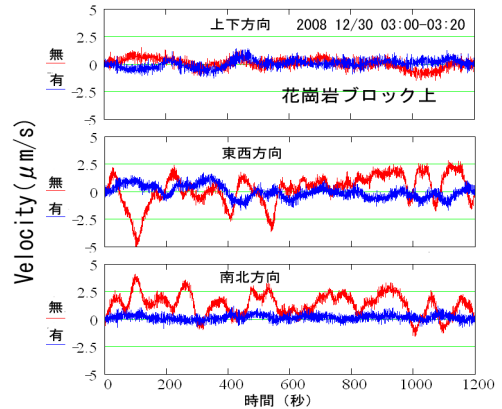


図10 STS2のカバーの効果。

参考文献

- [1] 櫛田裕, “環境振動工学入門”, 理工図書, p 163, 1997.
- [2] 菅原龍平、竹田繁、山岡広、吉岡正和、松井佐久夫、山下了、伊藤孝、中山義紀, “KEKおよびSPring-8における常時微動測定”, KEK Report 2003-12, February 2004.