

GROUND MOTION MEASUREMENT AT SEFURI AND ESASHI

Y.Nakayama^{A)}, K.Tada^{A)}, R.Sugahara^{B)}, S.Takeda^{B)}, H.Yamaoka^{B)}, S.Yamashita^{C)}, M.Nozaki^{D)}

^{A)} Electric Power Development Co.,Ltd., 1-9-88 Chigasaki, Chigasaki-shi, Kanagawa, 253-0041

^{B)} KEK, 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

^{C)} ICEPP, University of Tokyo, 7-3-1, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033

^{D)} Department of Physics, Kobe-University, 1-1, Rokko-dai, Nada, Kobe-shi, Hyogo, 657-8501

Abstract

Stability of ground is preferable in accelerator beam operation, and the beam control with extremely high precision is required in ILC (International Linear Collider). We have measured ground motion in a road tunnel in Sefuri area (Saga prefecture) and earth tide observatory tunnel in Esashi area (Iwate prefecture). Each area is one of ILC site candidates in Japan.

In this paper, analysis results are shown, and characteristics of the ground motion in the road tunnel at Sefuri and those in the earth tide observatory tunnel at Esashi are discussed.

脊振地点および江刺地点における常時微振動測定

1. はじめに

一般的に加速器のビーム制御では安定した地盤が望ましく、とりわけILCのような加速器では、高精度によるビーム制御が要求されている。そこで筆者らは、日本国内のILC候補地点でもある脊振地点（佐賀県道路公社三瀬トンネル有料道路）および江刺地点（国立天文台江刺地球潮汐観測施設）において常時微振動測定を実施した。特に脊振地点での測定は堅固な岩盤中に建設された道路トンネルであり、車輛の通過によりトンネルの床がどの程度振動するものかを測定したものである。

本報告では実施した常時微振動測定の結果から、地盤振動に関する特徴を示すとともに、過去に実施した測定結果との比較についても示す。

2. 測定の概要

本測定で常時微振動測定を実施した脊振地点及び江刺地点を図-1に示す。



図-1 脊振地点および江刺地点の位置図

脊振地点の測定は佐賀県道路公社管轄の三瀬トンネル有料道路内で佐賀県側坑口から800m地点にある待避所において、江刺地点の測定は国立天文台江刺地球潮汐観測施設の坑道（坑口から約160m地点）にて実施した。測定位置詳細のうち脊振地点に関するものを図-2、江刺地点に関するものを図-3に示し、測定装置設置状況を写真-1に示す。



図-2 脊振地点の測定実施位置詳細図

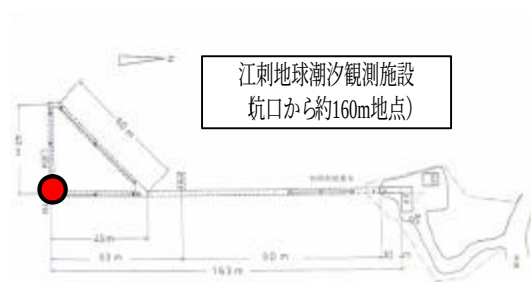


図-3 江刺地点の測定実施位置詳細図



写真-1 測定装置の設置状況

表-1 測定条件

地点	条件
脊振地点	期間：2004.12.8 9pm～2004.12.9 9pm
江刺地点	期間：2005.2.14 9pm～2005.2.15 9pm

※いずれもサンプリング周波数100Hzで収録を実施。

表-2 広帯域微動測定装置

項目	内容
装置名	(センサー) Streckeisen製 STS-2 (ロガー) 白山工業製 LS-7000XT

測定は両地点とも24時間連続測定を実施した。測定条件を表-1に、使用した測定装置を表-2にそれぞれ示す。測定前には、機器の比較検定を行い動作状況の確認を行った上で、本測定を実施した。

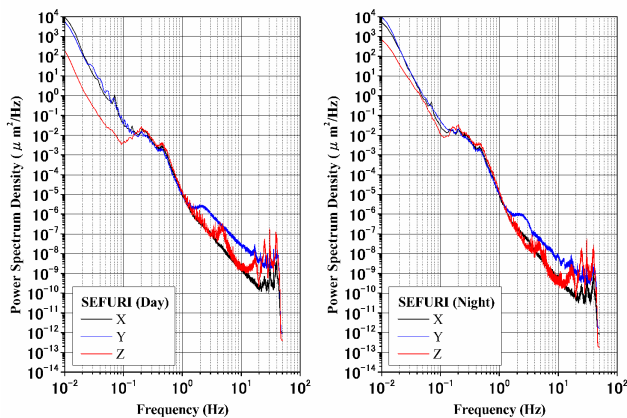


図-4 脊振地点：昼夜別パワースペクトル

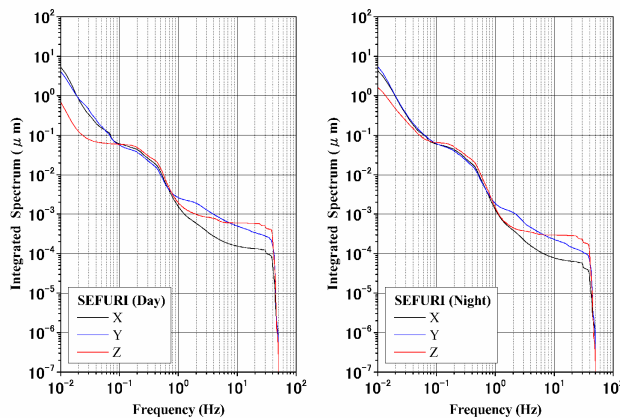


図-5 脊振地点：昼夜別積分パワースペクトル

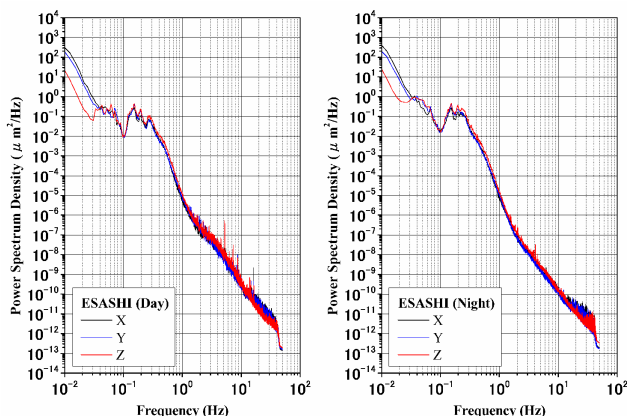


図-6 江刺地点：昼夜別パワースペクトル

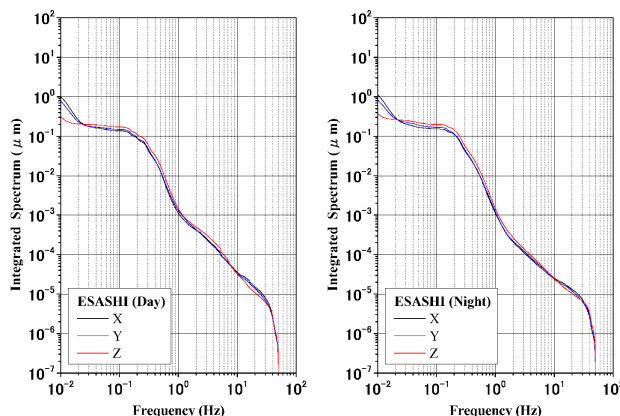


図-7 江刺地点：昼夜別積分パワースペクトル

3. 測定の結果

3.1 連続測定の結果

測定で得られたデータから、昼夜別（昼間：9am～5pm、夜間：9pm～5am）に平均化したパワースペクトルおよび積分パワースペクトルを求めた。ここではいずれもトンネルまたは坑道の水平軸方向をX、同水平直交方向をY、鉛直方向をZと定義した。

脊振地点に関するパワースペクトル及び積分パワースペクトルの解析結果を図-4、図-5に、江刺地点に関するものを同様に図-6、図-7にそれぞれ示す。

まず脊振地点のパワースペクトルに着目すると、昼夜ともほぼ同じ振動レベルで0.2Hz及び0.4Hz付近にパワースペクトルのピークを有しているが、これは海洋波浪によるものと推測される。一方1Hz以上においては、三瀬トンネルを通行する交通振動と思われるピークが複数認められ、鉛直成分であるZ方向ではそれが特に顕著である。またトンネル軸直交成分であるY成分は特に種々の周波数を含みながら、他成分より大きな振動を示していることが明らかである。昼夜比較を行なうと、1Hzを境に傾向が異なっており、波浪の影響が卓越した低周波数側では大きな差がないのに対し、高周波数側では種々の人工雑音に影響されて昼夜の差が認められる。この点は、積分パワースペクトルからも明らかである。

次に江刺地点のパワースペクトルに着目すると、昼夜を問わず0.1Hz～0.3Hz付近にスペクトルのピークを有しており、これらは海洋波浪によるものと考えられる。一方、周辺に道路交通等の振動源を有さない江刺地点の測定では1Hz以上においても顕著なスペクトルのピークは認められず、ごく一部に観測施設の機器に影響されたと思われるピークが若干認められる程度である。また、X,Y,Zの全ての成分ともほぼ同じ振幅で振動していることも認められ、極めて静かな地点であることが推測される。こうした結果は積分スペクトルからも明らかである。

脊振地点及び江刺地点で得た積分スペクトルに着目すると、0.1Hz付近で江刺地点の方が脊振地点より2倍程度振幅が大きく、1Hz付近ではほぼ同等、10Hzでは逆に脊振地点の方が大きな振幅を示していることがわかる。

4. 過去の測定結果との比較

ここでは過去に実施した広帯域微動測定結果との比較を示す。比較はKEK(茨城県つくば市)及びSPring-8(兵庫県佐用郡三日月町)で実施した測定結果と行なうものとし、加速器制御で最も重要といわれる鉛直Z成分にのみ着目するものとする。昼夜別のパワースペクトル及び積分スペクトルを図-8、図-9にそれぞれ示す。ただしSpring-8については、筆者らが

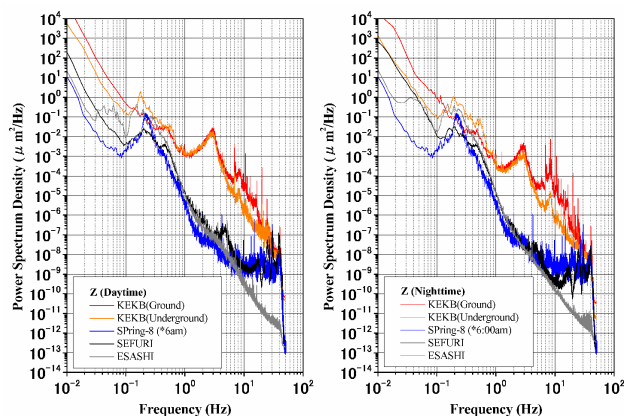


図-8 他地点とのパワースペクトル比較 (鉛直成分)

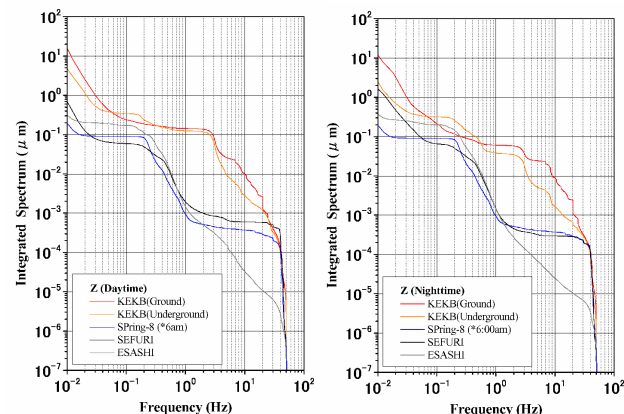


図-9 他地点との積分スペクトル比較 (鉛直成分)

午前6時のデータしか保有していないことから、これと比較している。

これによると脊振地点や江刺地点は、洪積地盤上にあると言われるKEK地点の地上部・地下部と比較して振動レベルははるかに小さく、最も差が顕著である2Hz～3Hz付近においてはパワースペクトルで4オーダー、積分スペクトルで2オーダー程度の差異が認められる。一方、SPring-8と比較すると、高周波側において周辺のユーティリティ施設によると思われる振動が見られるものの、全般的な振動レベルは脊振地点や江刺地点と大きく異ならない。なお、一般的に人工雑音が卓越すると言われる2～3Hz付近においては、KEKを除き卓越したピークは明瞭に出現していない。また、波浪の影響と言われている0.2Hz付近のピークについては、地盤条件に関係なくいずれの地点においても出現しており、この振幅は測定当時の海洋気象や海洋からの距離等に依存しているものと推測される。

なお、ここで示した地点で振動レベルの大小に着目すると、1Hz以上では江刺地点が圧倒的に振動レベルが小さく、0.2～1HzではSPring-8がやや小さいものの脊振地点・江刺地点とほぼ同レベルにあり、0.2Hz以下では全ての地点における振動レベルに顕著な差異は認められないことが明らかとなった。

5. まとめ

本報では脊振地点のうち三瀬トンネル有料道路および江刺地点のうち江刺地球潮汐観測施設で実施した広帯域微動測定結果について示し、過去の測定結果との比較も交えながら地盤振動特性について示してきた。

脊振地点では道路トンネルの中で測定を行った。通行車両は朝7時から夜8時まではほぼ平均しており約340台/時間であるが、道路からわずか10m程度離れた地点でも振動は小さく、近傍での道路交通が全くない江刺地点のわずか10倍程度である。一方、比較的軟弱な地盤に立地したKEKBトンネルでは昼時間帯の振幅が江刺地点の約500倍程度もある。これは岩盤と軟弱な地盤の差であると思われる。

以上のことから岩盤においては振動レベルが非常に小さいことが明らかとなるとともに、たとえ振動源が近傍にあったとしても、当該地点の地盤条件が非常に良好であれば振動が励起されにくいことが明らかとなった。

謝辞

本測定の実施にあたっては、佐賀県道路公社、佐賀県、福岡県および国立天文台水沢観測所のご協力を得て実施したものである。記して謝意を表する。

参考文献

- [1] 菅原龍平他, KEKおよびSPring-8における常時微動測定, KEK Report, 2004.2