

## GROUND DISPLACEMENT AT BL29XUL -1KM BEAMLINE- IN SPRING-8

Hiroaki Kimura<sup>1), A), B)</sup>, Shingo Taniguchi<sup>A), B)</sup>, Haruhiko Ohashi<sup>A), B)</sup>, Shunji Goto<sup>A), B)</sup>,  
Sanae Itakura<sup>A)</sup>, Takashi Otsuka<sup>A)</sup>, Sakuo Matsui<sup>A)</sup>

<sup>A)</sup> SPring-8 Joint-Project for XFEL/RIKEN, 1-1-1, Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5148

<sup>B)</sup> SPring-8 Joint-Project for XFEL/JASRI, 1-1-1, Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

### Abstract

RIKEN is constructing a building for X-ray Free Electron Laser (XFEL), its total length is 700m, and it is located at 50m north from BL29XUL, which is 1km beamline in SPring-8. To estimate a deformation of the XFEL building in future, we made a re-survey of BL29XUL, which had been constructed at seven years ago. The shape of the obtained subsidence data was similar in the shape of geographical features before land preparation, and its maximum subsidence achieved 58 mm. Furthermore lateral displacement was also observed, and its maximum displacement was 15mm. These were useful information about a ground displacement at XFEL building.

### SPring-8の1kmビームラインBL29XULでの地盤変位

#### 1. はじめに

理化学研究所が播磨地区に現在建設している、X線自由電子レーザー(XFEL)<sup>[1]</sup>の建屋(長さ約700m)は、SPring-8の1kmビームラインであるBL29XUL<sup>[2]</sup>の50m北側に並行に建設されている(図1参照)。一般に地盤が堅固で大変良いとされるSPring-8地区であるが、残念ながらXFEL建屋の中の線形加速器部の400mは、岩盤の切土部ではなく、厚さ30~50mの盛土上に建設される。このXFEL建屋の長期的変形を予想する上で、地盤変位に関する情報を得るために、ビームライン建設後7年が経過したBL29XULの屋外ビームパイプ部と最下流実験ハッチがある長尺実験棟の再測量を行った。

#### 2. BL29XULの屋外部について

BL29XULが設置されている部分の地盤は、兵庫県

によって1990年に造成工事が行われた。盛土には、他の部分の造成時に出た残土・残岩が使われ、最も深い部分(真空ポンプ小屋#51付近)では50m程度の盛土が行われた。図1に切土・盛土の区分を示す。図中盛土部の緑線は、造成前の谷筋(沢)を示しており、盛土時に暗渠管が埋設されている。又、ビームラインの南側約30m付近はビームラインに並行に高さ35m程度の崖になっている。

このビームラインは1999年に建設が行われ、最下流にある長尺実験棟は、建物の沈下を避けるために深さ約30mにある軟岩盤までコンクリート杭をうち、その上に建設された。

一方、蓄積リング棟と長尺実験棟の間の放射光を導くビームパイプ(外径114mm、長さ約900m)と真空ポンプ小屋(6カ所)は、途中に光学素子等を設置しないので位置変動に対する許容量が大きく、重量としては軽量である事から、厚さ0.5m・幅2m(真空ポ

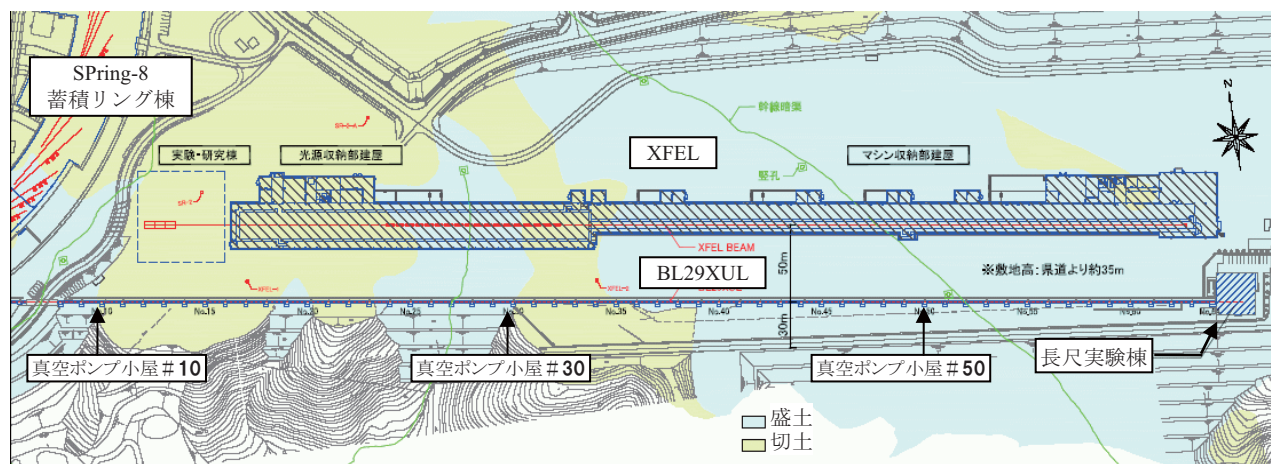


図1. BL29XULとXFEL建屋の配置

<sup>1</sup> kimura@spring8.or.jp



図2. 1kmビームラインBL29XULの全景の写真



図3. BL29XUL下流部の写真



図5. GPS測量器

ンプ小屋部は4m)の基礎コンクリートの上に設置された。真空ポンプ小屋の設置間隔(ピッチ)は13.6mで、小屋の間は4本のサポート架台によってビームパイプを支えている。

長尺実験棟の床高さや、ビームパイプ・真空ポンプ小屋部の基礎や架台はジオイド(地球の丸みに沿った高さ)に沿って、通常のオートレベル等を使用して建設・設置された。光源部で水平に出たSR光が下流に進むにつれてジオイドからずれて(離れて)いく量は1km下流部では8cmにもなる。その補正は、光源からの距離によって計算される補正量を個々に嵩上げてビームパイプを設置する事で行った。

### 3. 測量

#### 3.1 レベル測量

各位置でのビームパイプのレベルを測量するために、まずオートレベル(Nikon社 AS-7)を使用して、サポート架台基礎部に打設した水準点鉾からの高さを測定した。次に各水準点鉾の相対レベルをデジタ



図4. デジタルレベルとスタッフ

ルレベル(Zeiss社 デジタルレベルDiNi12<sup>[3]</sup>、図4参照)を使用して順番に測定した。

高さ不動点として、SPring-8建設当初から使用し岩盤切土部に設置されている測量基準点(SR-2)を使用し、この点に一番近い小屋#15を基準として値を算出した。

#### 3.2 横方向測量

GPS測量器(Topcon社 Net G3<sup>[4]</sup>、図5参照)を使用して横方向の変位を測定した。この測量器はGPS衛星(アメリカによる運営)とGLONASS衛星(ロシアによる運営)に対応しており、常に10個程度の衛星からの電波を利用して計測した。カタログでの位置精度は±2mmであるが、12~15分間の測定での繰返精度は±1mmであった。

GPS測量は時間がかかるので、トータルステーション(TS)(Leica社 TM5100A<sup>[5]</sup>)を使用した相対値測定を細かく行って測定点を補った。測定はビームパイプに押し当てた、水平でTSとの視線に垂直にした直尺を読むことで行った。一度に計測できる距離は天候に左右されるが、読み取り精度が2mmになるところまでとして、100m~200mを計測した。



図5. トータルステーションを使用しての測定

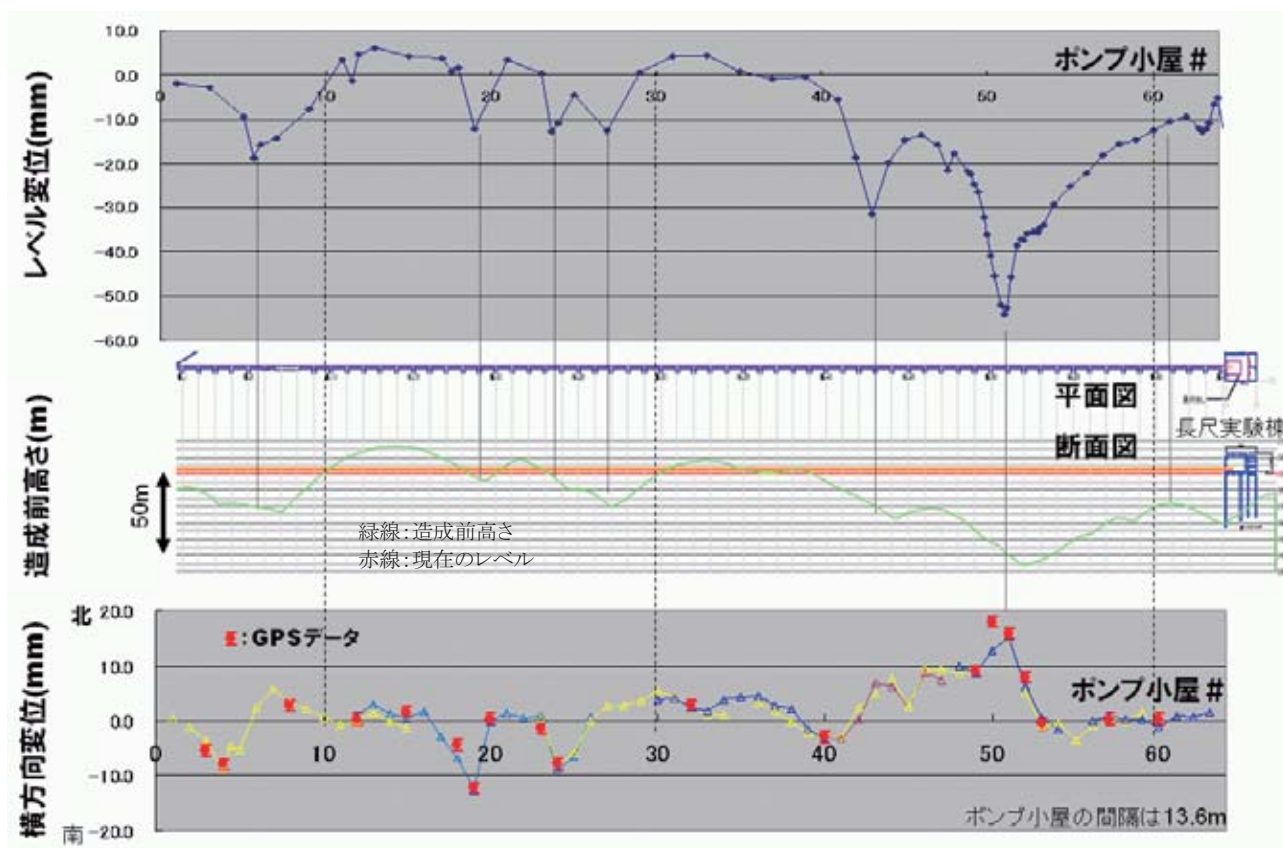


図6. 建設後7年経過後のBL29XULのレベル・横方向変位量と造成前の高さ(盛土厚)。横軸は13.6m間隔で設置されているポンプ小屋の番号

#### 4. 測量結果

再測量は、レベルとTS測量が2006年11月、GPS測量は2007年4月に行われた。測定箇所は基本的に、各ポンプ小屋下流2番目のサポート架台部を測定した。測定結果と造成前の高さを図6に示す。

レベルに関しては、1990年のビームライン建設時に設計通り並べられていたとして変位を計算した。測定された沈下量は造成前の地形を非常に良く反映していた。沈下量と盛土厚はほぼ比例していることから、沈下は盛土の浅い部分だけでなく全ての部分で起きている事が推察される。又、造成後10年が経過した場所に建設し、その後の7年間分の変位である事から今後も同様な沈下があると考えられる。その量は最深部(盛土厚50m)で53mm程度であるので、1.5mm/盛土厚10m・年程度である。この事は最近最深部で行われた载荷試験によっても裏付けられ、毎月

1mm弱の沈下が漸減することなく計測された。一方、長尺実験棟は約5mm沈下していたが、この量はコンクリート杭の乾燥収縮量として妥当な値であると考えられる。

横方向の変位に関しては、X線のビームラインにおける垂直分散の光学素子でも横方向にビームを曲げる事ができるので、長尺実験棟が横方向に動いたかどうかはわからず、建設時の原点はわからない。そこで横方向の変位は、小屋#12と#60のGPSデータを使って基準線とし、その直線からのGPSデータの各位置での距離を計算し、その点になるべく合うようにTSデータをフィッティングした。図6に示されるように、盛土部では横方向にも変位している事がわかり、最大で15mm程度であった。しかし全てが南側(崖側)に変位しているのではなく、最深部では北側に変位していた。尚、サポート架台の傾きも計測したが全て $\pm 0.2^\circ$ 以内であった。

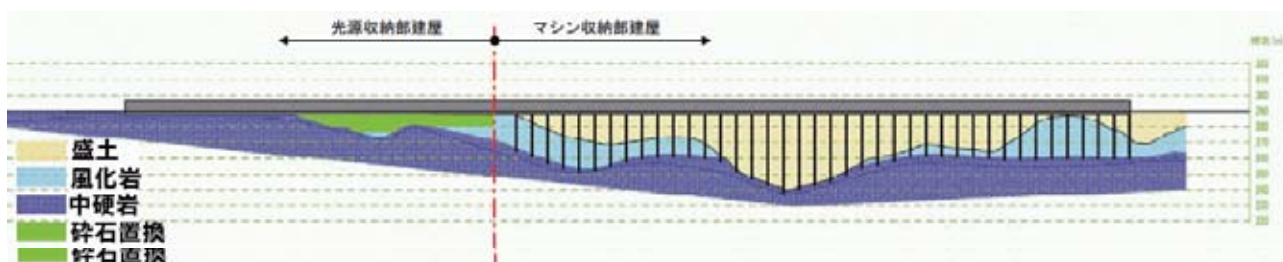


図7. XFEL建屋基礎部の構造（側面図） 赤線より右のマシン収納部は杭基礎構造、左側の光源収納部は中硬岩又は高充填砕石置換層上の直接基礎構造。縦軸の目盛(破線間隔)は10m。

## 5. XFEL建屋マシン収納部の基礎構造

XFEL建屋マシン収納部は盛土部に建設されることから基礎は杭構造とし、深さ30~50mにある中硬岩層までコンクリート杭を打設している(図7参照)。ビーム方向の杭間隔は7.5m、で、ビームと直交方向には各々2.5本の杭(最もクライストロンギャラリー側の杭は15mに1本)を打ち(図8参照)、総数139本の杭でマシン収納部とクライストロンギャラリーを支えている。一方、図1で建屋北側の付室部は盛土部直接基礎の上に建設される。

尚、アンジュレータが置かれる光源収納部建屋は10 $\mu$ m以下のアライメント精度が要求されることから、中硬岩又は高充填砕石置換部の上に基礎が建設される。

## 5. まとめとおわりに

今回のBL29XULの再測定の結果から、杭構造であるマシン収納部建屋の長期的変形に対して推測できる事を以下にまとめる。

- ・レベルの変位に関しては、杭構造であるので盛土部の沈下の影響は受けずコンクリート杭の乾燥収縮が主な変位要因である。しかし、杭構造ではなく盛土部直接基礎構造の北側付室では1.5mm/盛土厚10m・年程度の沈下が起こり、杭基礎部との間で段差ができる。

- ・横方向の変位に関しては、杭構造は抗力がないので、BL29XULと同様の変形が起こると考えられ、10年で最大15mm程度の変位が起こると予測される。

今回の再測定により、導波管貫通口の余裕や、各コンポーネントの位置調整部のストローク、再アライメントのエリアや時期の予測に関して有用な知見を得る事ができた。

尚、XFELマシン収納部建屋の建設に関しては、2007年8月現在コンクリート杭を打設している最中で、2009年3月に竣工予定である。その後1年間の乾燥期間を経て、2010年4月から加速器コンポーネント据付を始める予定である。

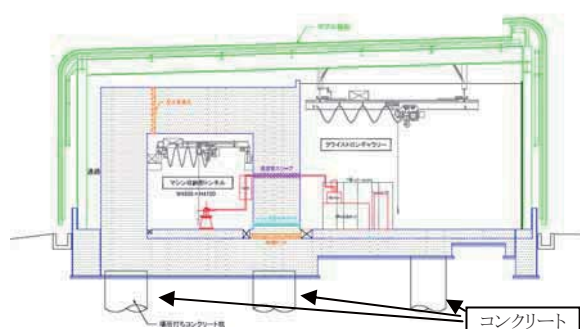


図8. XFEL建屋マシン収納部の断面図  
マシン収納部内の横幅は4.5m

## 参考文献

- [1] T. Shintake, et al., "X線自由電子レーザー建設の現状", in this proceeding.
- [2] T. Ishikawa, et al., "One kilometer beamline at SPring-8", Proc. SPIE, Vol.4145, 1(2000).
- [3] <http://www.tamaya-technics.com/dini12.html>
- [4] <http://www.topconeuropa.com/index.asp?pageid=2f5b4a97184e4ef69a23d8b9477c762c>
- [5] [http://www.lnrglobalcom.nl/site/products/total\\_stations/tm5100.html](http://www.lnrglobalcom.nl/site/products/total_stations/tm5100.html)