

MEASUREMENT OF DISPLACEMENT OF XFEL BUILDING

Hiroaki Kimura^{1,A,B)}, Sakuo Matsui^{A)}, Noriyoshi Azumi^{A)}, Takashi Otsuka^{A)}, Sanae Itakura^{A)}, Kazuo Ohshima^{A)}, Noritaka Kumagai^{A)}

^{A)} SPring-8 Joint-Project for XFEL/RIKEN, Kouto 1-1-1, Sayo, Hyogo, 679-5148

^{B)} SPring-8 Joint-Project for XFEL/JASRI, Kouto 1-1-1, Sayo, Hyogo, 679-5198

Abstract

A facility for X-ray free electron laser (XFEL) was completed at March 2009. The machine part of the facility consists of an accelerator building and an undulator building, and its total length is 640m. We have been measuring a displacement of the buildings. We report that observed subsidence and uplift, expansion and shrink of the concrete floor for the machine.

XFEL建屋の変位計測

1. はじめに

(独)理化学研究所は2010年度の完成を目指して、(財)高輝度光科学研究センターと協力してX線自由電子レーザー(XFEL)施設^[1]の建設を行っている。XFELの線型加速器部と光源部が設置される全長約640mのXFEL施設は2009年3月末に完成し、現在加速器の据え付けが始まっている。

完成直後の建屋の変位は小さくなく、それらはコンクリート躯体・杭の乾燥収縮、躯体の温度変化、地盤の変位などによっておきる。特にXFEL機器を設置する収納部床面の安定性は加速器の性能の一つとして重要である。我々建設チームと据付・アライメントチームは、建屋建設の期間から収納部床部の水準測量を行い、又4月からは建屋の長手方向の長さの計測を行い、建屋の変位に関するデータと取り続けている。本発表では、得られたデータと今後の変位の予測について述べる。

2. XFEL建屋の概要

XFEL施設は長さ400mの加速器棟と240mの光源棟からなる。加速器は幅4.5mの加速器トンネル内に設置され、そのクライストロン等は、トンネル北側のクライストロンギャラリーに設置される。

光源部は幅17mのアンジュレータホールに設置され、上流のビーム振分け部の後に5本ビームラインが平行に設置され、多数のアンジュレータとビームダンプ等がそれぞれのビームラインに設置される。

加速器棟が設置された場所は、谷を埋めた盛土エリアであったので、深度20m以上にある中硬岩層を支持層とする杭基礎構造とし、直径1.6m程度のコンクリート杭を7.5m間隔で2.5本ずつ打設して建屋の基礎部とした^[2]。

光源棟が設置された場所は、中硬岩層が一部露頭する切土エリア部分であったので、直接基礎にて中硬岩層にて支持し、露頭していない部分では盛土・風化岩層を薄層転圧した高充填碎石に置換した改良土層に直接基礎にて支持させることとした。

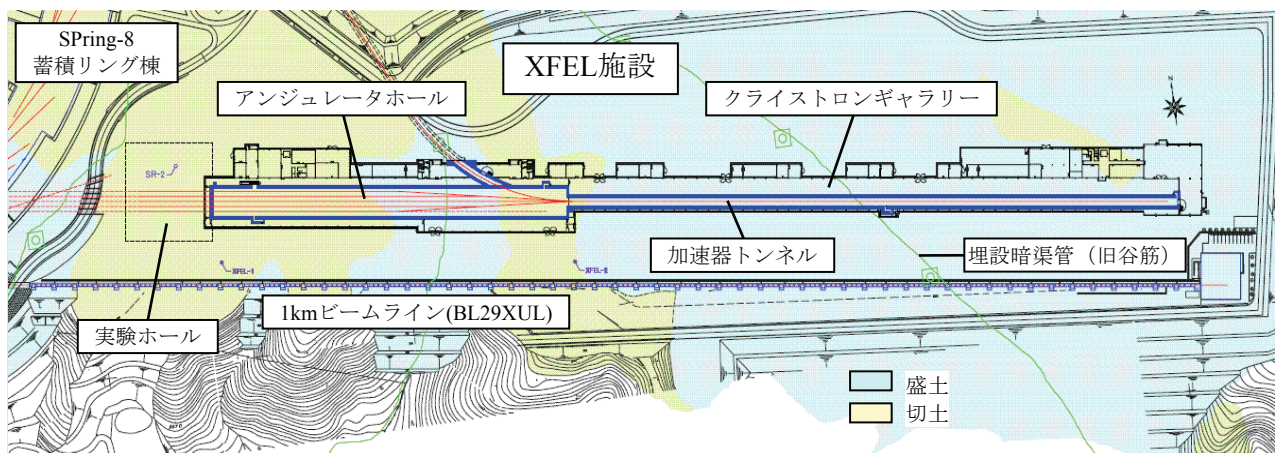


図1. XFEL施設の概略

¹ E-mail: kimura@spring8.or.jp

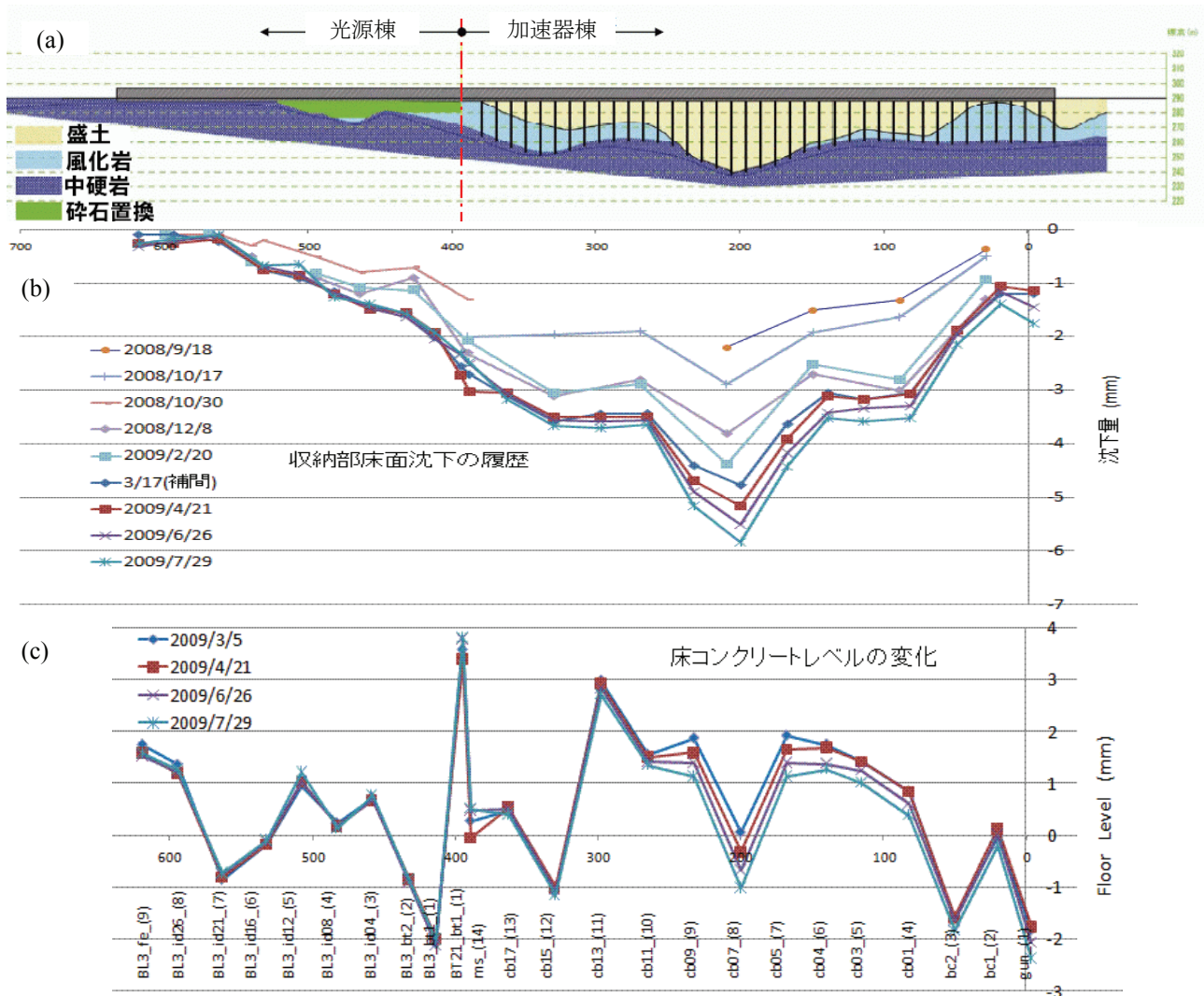


図2. (a) : XFEL建屋の地盤と基礎部の構造：赤線より右の加速器棟は杭基礎構造、左側の光源棟は直接基礎構造と高充填砕石置換構造。縦軸の目盛(破線)間隔は10m。(b) : 収納部床面沈下の履歴：コンクリート打設時の高さを基準としている。(c) : 収納部床面レベルの変化：予定床面高さを基準としている。

3. 水準測量

2008年9月の収納部床面コンクリート打設作業開始時の基準点高さを原点とし、その後の沈下の履歴を図2(b)に示す。建屋のコンクリート工事・外壁工事等の大きな工事は2009年2月に終了している。横軸は上流からの長さ(m)である。沈下のグラフと対比できるように、建屋の基礎構造を図2(a)に示した。加速器棟部においては、沈下のグラフの形状は、杭支持層とした中硬岩層表面深さではなく、むしろ風化岩層表面深さに近い。光源棟の砕石置換部は、加速器棟の沈下に引きずられて下がっているような傾向である。

200m付近の盛土層が厚い部分では、最大0.3mm/月の沈下が観測されており、沈下量の減少はまだ見られない。この付近に精密液面傾斜計を設置して連続測定を行ったところ、ほとんど一定の速度で沈下が

おきている事がわかった。また、この付近のコンクリート杭天端部(収納部床面から2m程度下)の沈下計測も行っているが、収納部床面の沈下とほぼ一致しており、沈下は杭天端より下部で起きている事が示唆された。一方で基礎構造が異なる光源棟部の3月以降の沈下は小さいが、加速器棟との境目の400m付近では隆起している事がわかった。

予定収納部床面高さを基準とした、レベルの変化を図2(c)に示す。各部分での沈下量の違いはあらかじめ予測されたので、それらを考慮してコンクリート打設レベルを決めて注意深く施工した事^[3]により、現状長さ640mの殆どの部分において±3mmの範囲に入っている。

4. 建屋長手方向の計測

建屋長手方向の計測に関しては、収納部床面完成時の2009年3月に測量用基準モニュメントを約30m

おきに設置し、それ以後本格的な計測を開始した。図3(a)に0mを固定点としてプロットした変位の変化を示す。7mm程度の膨張が観測されたが、加速器棟と光源棟の境目付近で大きなギャップがあることがわかった。5月以降の加速器棟上流部と光源棟上流部の相対距離の変化は小さい事から、膨張する加速器棟と光源棟の境目では縁切り部に大きな力がかかっていると思われ、これがこの付近の床面隆起の原因になっていると考える。

さらにローカルな変位がわかるように、測定器をおいた4箇所を固定点にして4月からの変位をプロットしたのが図3(b)である。この図から、加速器棟に関して100mから250mの部分に膨張による変位があまりない部分がある事、光源棟は均等に膨張している事がわかる。

加速器棟(400m)に関しては他に幾つかの建屋長手方向に関するデータがある。建設着手前の2008年2月に立ち会いの下に長手方向の基準点を設置し、その後この基準点は工事の工程に応じて何回か写し替えられ現在も収納部内に残っている。建屋工事終了後の2009年1月に再計測したところ、約400m離れた基準点の距離が15mm縮んでいた。また、導波管貫通口位置墨出しの為に、我々は2008年9-11月に長手方向の計測を行っており、そのデータと2009年3月の計測時とでは8mmの収縮が観測された。

7. 考察とまとめ

高さ方向の変位に関して、光源棟は今のところ大きな問題はないと考えている。しかし加速器棟に関しては、200m付近の約0.3mm/月の沈下は予断をゆるさない状況である。この付近の盛土は厚さ10mあたり1.5mm/年で今も沈下している事^[4]から、現在は、盛土の沈下によりコンクリート杭の側面が摩擦力を受けて圧縮され収縮し続けていると考える。今後、杭の弾性力と摩擦力が均衡してくれば沈下は減少していくと考えるがその時期に関しては今のところ予想できていない。

長手方向の変位に関しては、2009年3月までの収縮は躯体コンクリートの乾燥収縮によるものと考えている。3月以降の膨張に関しては、コンクリート

躯体の温度変化が支配的になっていると考えている。3月の時点での躯体の表面温度は約10°Cで、5月から空調を運転し2週間程度でコンクリート表面温度は予定の25°C付近に達したが、まだコンクリート厚さ方向の温度分布は変化し続けていると考えている。この温度分布変化は9月ごろには収まると予想している。

2009年8月から加速器収納部内の加速器コンポーネントの据付が始まっている。それに先立ち、設置基準点の再調整を7月の測定データを元に行った。長手方向に関しては影響が少ないように光源棟上流から3番目の点を固定点として修正した。

200m付近の沈下に関しては減少傾向がまだ見られないため、据付作業は沈下の少ない300m付近から下流に向かって始めているところである。200m付近の据付は2010年5月ごろになるが、沈下の進行が止まらない場合はビーム調整時期から逆算し、基準点高さを高めにして設置する事を考えている。

参考文献

- [1] T. Shintake, et al., “X線自由電子レーザー計画の概要”, in this proceeding.
- [2] H. Kimura, et al., “X線自由電子レーザー施設の設計と建設”, 本学会2008年報告集, p580.
- [3] H. Kimura, et al., “ミリメートル精度のコンクリート床面のレベル調整”, 本学会2005年報告集, p412.
- [4] H. Kimura, et al., “SPRING-8の1kmビームラインBL29XULでの地盤変位”, 本学会2007年報告集, p859.

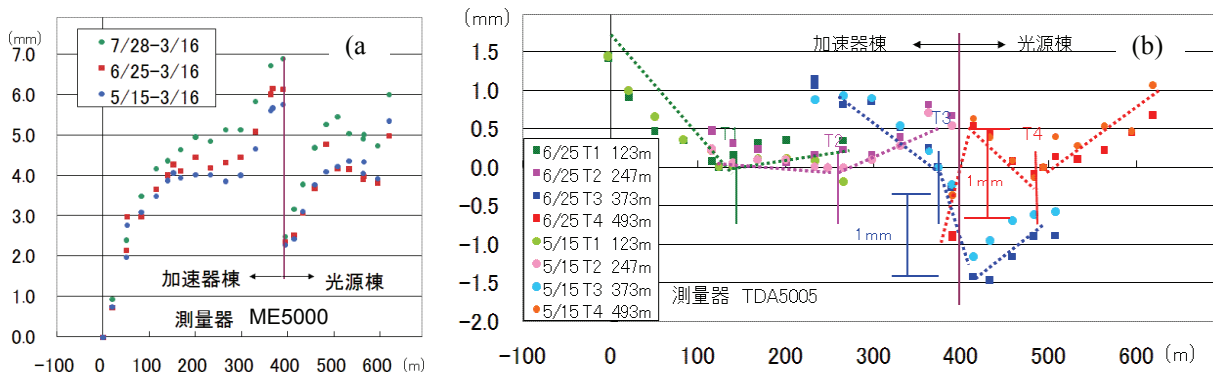


図3. 収納部床面の長手方向の変化 (a) : 0m地点を固定点として変位をプロットした図 (b) : 4つの測定点(T1-T4)を固定点として4月からの変位をプロットした図