

DISPLACEMENT OF BUILDINGS AND STANDARD POINTS IN MLF CAUSED BY THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE

Masahide Harada^{#,A)}, Takaaki Iwahashi^{A)}, Stefanus Harjo^{A)}, Patrick Strasser^{B)}

^{A)} Materials & Life Science Division, J-PARC Center, Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibrakaki-ken, 319-1195

^{B)} Materials & Life Science Division, J-PARC Center, High Energy Accelerator Research Organization
2-4 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibrakaki-ken, 319-1195

Abstract

In Materials and Life science Facility (MLF) which is one of the J-PARC facilities, many materials and life sciences are conducted by using neutron and muon beams produced by high intensity proton beam. General use in MLF has started from 2008.

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake occurred on March 11 in 2011 seriously damaged all the J-PARC facilities. In order to restart a beam operation of J-PARC, an alignment work is one of the most important issues. In order to make a re-alignment plan of devices in MLF, fluctuations of the MLF building and standard points in MLF caused by the earthquake have been measured with level measurements and traverse measurements.

As the results of the level measurements, uneven sinkage of 9 mm in the maximum was found in the MLF building. Large sinkage of about 90mm and 140mm was found at two attached buildings. The reason of such the large sinkage is a difference of a base structure of the buildings. As the results of the traverse measurements, no large deterioration in the MLF building was found. However, the attached building was moved away with about 30mm relatively.

1. はじめに

茨城県東海村にある大強度陽子加速器施設 (J-PARC) は、大強度陽子ビームを発生させ、様々な実験利用する施設である。その施設の一つである物質生命科学実験施設 (MLF) は、大強度陽子ビームを水銀ターゲットや炭素ターゲットに入射させ、発生する中性子やミュオンを用いて物質・生命科学の研究を行う施設であり、2008 年より順調に供用運転を行ってきた。

しかし、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方をはじめ各地に甚大な被害をもたらした東日本大震災は、J-PARC がある茨城県東海村でも震度 6 弱を観測し、J-PARC の各施設に大きな被害を与えた。MLF でも図 1 に示すように、大きな被害をうけた。特に、建屋周辺での被害がひどく、多くの道路陥没や接続配管の変形、破断が見られた。また、延伸している中性子ビームラインの付属建屋も接続部分では、床面が大きく沈下するなど、大きな被害が見られた。一方、MLF 建屋内では、遮蔽体落下や機器の破損などがあったが、他に比べ、建屋自体の被害は少なかった。

J-PARC 運転再開のためには、施設や機器の復旧が急務であるが、震災前のような十分なビーム強度を発生させるためには、各施設のアライメントを確認し、必要に応じて再アライメントを行うことが求められている。そこで、MLF でも復旧作業の一環として、再アライメント作業への基本データを取得するために、水準測量及びトラバース測量を行い震災による建屋や基準点の変動を調査したので、報告する。

2. 測量手法

MLF 建屋内外には、建設当初から、経年変化観測や再アライメントを行うために、各所に設置して



図 1: MLF における震災による被害
上: MLF 建屋周辺の道路陥没や配管変形
下: MLF 建屋内の遮蔽体の落下

[#] harada.masahide@jaea.go.jp

いる基準点を配している。主な基準点として、陽子ビーム輸送や中性子源中心位置を確認するための基準座、各中性子ビームラインの軸を示すための床マーカーや高さマーカー、定期的に沈下測定を行うための水準点、建屋の動向を観測するための外部基準点などである。実際、これらの基準点を使用して、MLF 建屋内外の変動を測定した。文献^[1]には、MLF 建屋建設から、震災前までの MLF 建屋の沈下測定についてまとめられている。この研究から、建屋建設と遮蔽体設置により、50mm 沈下することや設置重量 1000 トンあたり 0.3mm 沈下することがわかっている。

これらの基準点を利用して、震災前に測定したデータと震災後に測定したデータを比較して、変動の様子を確認することとした。まず、水準データ取得のために、公共 1 級水準測量に準拠した水準測量を実施した。水準測量では、デジタル水準測量器 (DNA03、Leica 社製)、チルティングレベル (PL1、Sokkia 社製)、2m バーコードスーパーインバースタッフ、3m スーパーインバースタッフ、2m バーコードを用い、往復測定を行った。測量点は、定期沈下測定を行うための設置された水準点と、外部基準点である。また、水平座標取得のためには、トラバース測量を実施した。トラバース測量では、トータルステーション (TDA5005、Leica 社製) 及びレーザートラッカー (LTD600、Leica 社製) を用いた。トータルステーションを用いた測量では、公共 1 級基準点測量に準拠し、2 対回測定を実施した。

レーザートラッカーを用いた測量では、正反 2 回測定し、二次元の厳密網計算を行い、座標値を導出した。

図 2 は、トラバース測量の作業の写真である。

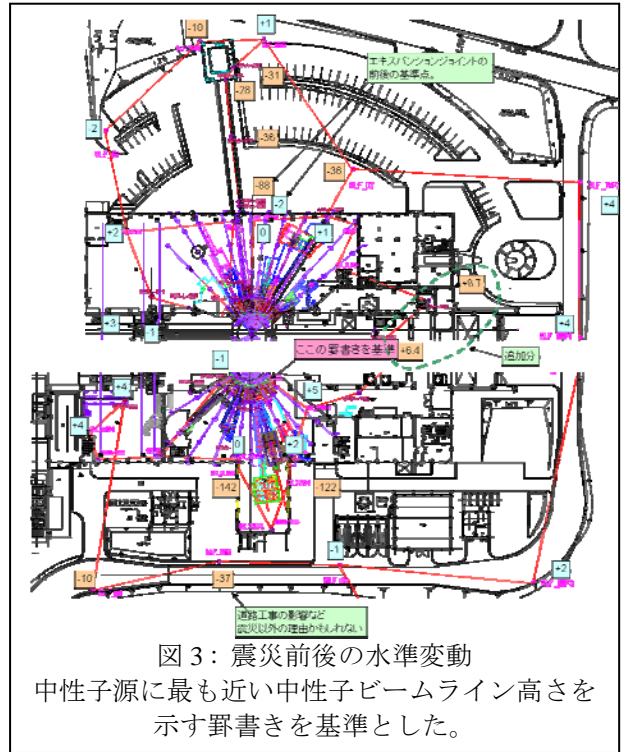


図 2: 測量作業風景

3. 結果

3.1 水準の変動

震災前後の水準変動の測量結果を図 3 に示す。中性子源に最も近い中性子ビームライン高さを示す罫書きを水準の基準とした。MLF 建屋内では最大で 9mm の不等沈下が見られ、中性子源中心から離れるほど、浮き上がっている。これは、中性子源付近の中性子ビームライン用遮蔽体設置工事により、中性子源中心部分が沈下したためと考えられ、震災による影響は小さいと推測される。一方、MLF 建屋に接続している長尺建屋 (図 3 で上部に伸びている建屋) や第 3 実験ホール (図 3 で下部に張り出している建屋) での変動が大きい。特に、MLF 建屋との接続部分で最も変動が大きく、それぞれ、88mm、142mm あった。この原因は、建屋の基礎構造の違いであると考えられる。MLF 建屋は、設計段階から数万トン及び建屋、遮蔽体が設置されることが予想されていたので、基礎岩盤から長さ数十mの多数の杭で支えられる杭基礎構造をもっている。一方、長尺建屋や第 3 実験ホールは、べた基礎である。そのため、震災による影響が異なると考えられる。

余震による影響を観測するために、1.5 ヶ月後にも水準測量を実施した。その結果、ほとんどの場所では、変化が 1mm 以下であったが、長尺建屋や第

3 実験ホールの接続部分では、最大 1.7 mm の変動があることを確認した。

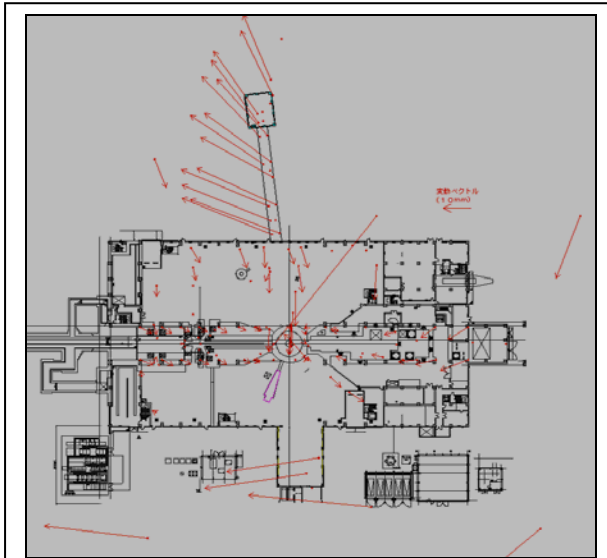


図 4：水平変動ベクトル
中性子源中心が不動であると仮定。

3.1 水平位置の変動

図 4 に震災前後の水平変動ベクトルを示す。中性子源中心が不動であると仮定している。MLF 建屋内の変動ベクトルは、最大でも 10 mm 程度である。MLF 建屋東側（図 4 の上部側）の変動が比較的大きい。中性子ビームライン用のマーカは、軸方向への変動があるが、これは、設置時期と使用時期の温度差による膨張によるものと考えられる。MLF 建屋中央（図 4 の中央部分）も、全体的に、中性子源中央部分に向かい収縮しているが、これも温度差によるものと考えられ、いずれからも、MLF 建屋内は、震災による影響は小さいものと推測される。

一方、長尺建屋は、MLF 建屋から離れる方向に移動しており、移動量は 30 mm 程度であることがわかった。また、第 3 実験ホールも、MLF 建屋と約 30mm 程度並行にずれる方向に移動していることがわかった。建屋の外にある外部基準点も同じように変動しているが、図 3 と比べて、水準の変動が大きい点は水平変動も大きい傾向があることがわかった。

4. まとめ

震災前後の水準変動、水平位置変動を確認した結果、MLF 建屋内での変動は、小さいことが分かった。一方、MLF 建屋外側に付属する建屋では、大きな変動があることが分かった。今後の MLF におけるアライメント方針としては、次の通りとすることとした。

- 中性子ビームライン用マーカはの基準について、基本的に、異常な変動がなくそのまま使用可能である。

- 建屋自体が大きく変動した長尺建屋、第 3 実験ホールの基準については、別途基準を設置する。

また、今後の変動を観測するために、次のモニタリング機構を入れることが必要であることがわかった。

- ビームラインマーカはの精度を確認する仕組みを構築する。すなわち、建屋壁に基準点を追加設置して、そこから自身のマーカはの座標を追うことができる測量網を完備する。

今後、余震などによる変動がないことを確認できるまで、水準測量を 1.5 ヶ月毎に実施し、トラバース測量を半年から 1 年毎に実施する予定である。

参考文献

- [1] M. Harada, et al., Settlement of Materials and Life Science Experimental Facility at J-PARC, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research **A600** (2009) 87–90.