

ビームライン高度化作業 床補強工事とその評価

上條 亜衣[#]

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

Abstract

PF BL-17A では現在 X 線ビームのさらなる微小集光化を目指し、高度化作業が行われている。目標となる微小集光化を達成するためには、ビームライン光学系への振動の伝達を抑える必要がある。このため、脆弱性が指摘されている PF 実験ホール床の補強工事を行うこととなった。また、工事の成果を評価するため、衝撃伝播測定と床加重変位測定を工事前後に行った。

1. はじめに

私は 2013 年 4 月に KEK に入所し、物質構造科学研究所の放射光科学研究系に配属された。主な業務内容は X 線ビームラインの設計・建設・調整である。入所後すぐに PF BL-15A の建設作業に加わり、ビームラインについて一から学んだ。このときはまだ先輩方から仕事を教わることが中心だったが、2014 年 1 月頃に PF BL-17A の高度化作業を担当することとなった。本稿では高度化作業の一環として行われた床の補強工事とその成果について報告する。

2. BL-17A 高度化概要

BL-17A は PF 初のマイクロビームを扱うことができる構造生物学ビームラインとして平成 18 年からユーザー利用が開始され、これまで多くの成果を上げてきた。しかしながら構造解析の対象はより複雑で結晶化が困難なものへとシフトしており、ユーザーからはより小さな X 線ビームとさらなる高輝度化が求められている。そこで、平成 27 年春の完了を目指し、BL-17A の高度化を行うこととなった。この作業により X 線ビームは微小集光化され、これまで解析の困難であったタンパク質や超分子複合体の構造解析が可能となる。

高度化作業は大きく以下の 4 つの作業に分かれている。

- 既設光学装置の改造
第一ミラーの再配置や実験ホール床の補強工

事を行い、より多くの放射光を取り込み、かつ安定に供する。

- 第二集光装置の追加
第二ミラーを追加して二次集光光学系を組むことで、より微小かつ強力な集光ビームを試料へと照射する。
- 回折計の改造
回折計を改造し、マイクロビームをより正確に制御しながら試料へと照射するほか、結晶化プレートからのデータセット収集を行う。
- 超高速読み出し検出器の導入
超高速読み出しが可能な X 線二次元検出器を導入して、迅速な回折データセット収集を行う。

今回私が行った床補強工事は、この中の「既設光学装置の改造」にあたる。

3. 床補強工事

微小集光化されたビームをサンプル位置で安定して照射するためには、途中のビームライン光学系への振動の伝達を極力抑える必要がある。PF 実験ホールの床の梁の間隔は 3~7m 程度あり、コンクリートも薄い。これまで BL-17A では梁から離れた場所にある光学装置付近に人が近づくと体重により床が沈み、ビーム位置の変化やビーム強度変動が観測され、実験にも影響が出ていた。このため高度化作業の一環として、脆弱性が指摘されている床の補強工事を行うこととなった。図 1 に床補強工事の範囲を示す。

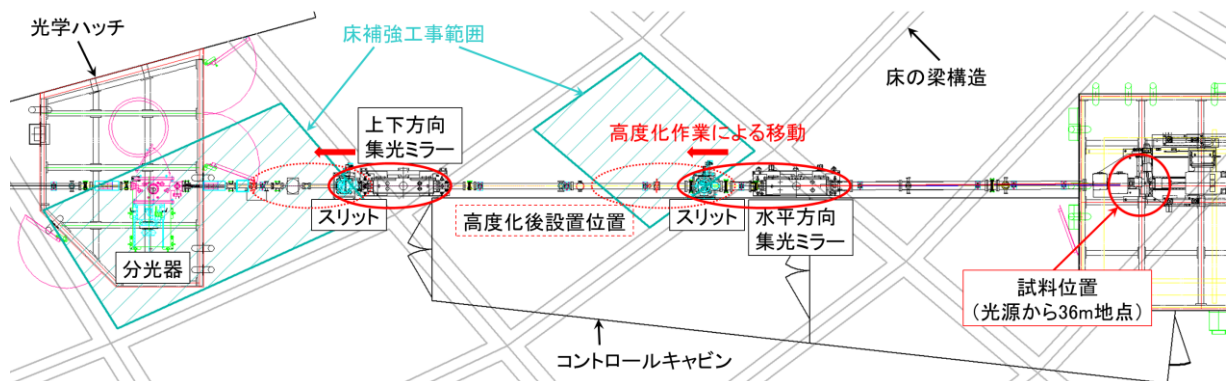


図 1 : 現在の BL-17A ビームライン図の一部と床補強工事範囲

工事は7月22日から8月20日の期間に行われた。はじめに既存のビームラインやハッチを撤去し、工事箇所を測量した。今回の工事では厚さ20cmの既設コンクリート床を撤去し、新たに厚さ50cmのコンクリート床を敷設することとした。コンクリート床の撤去には大きな騒音や粉塵を伴うため、近隣ビームラインへの配慮と相談が必要だった。周囲に大きな影響を及ぼさないよう、工事範囲はテントで囲い、テント内では集塵機も用いた。しかし工事後に確認したところ、細かい粉塵は2つ隣のビームラインまで届いてしまっていた。床の配筋は以前よりも目を細かくし、より頑丈な床作りを目指した。床完成後にははじめに撤去したビームラインやハッチを元通りに設置した。現在BL-17Aは工事前と同じ状態に戻り、ユーザー実験が行われている。



図2：工事現場 テントを張った様子



図3：コンクリート床撤去の様子



図4：配筋とコンクリート打設の様子

4. 工事の評価

4.1 衝撃伝播測定

工事の成果を評価するため、衝撃伝播測定と床加重変位測定を工事前に行った。

衝撃伝播測定では、図5に示す4つの測定点に振動計を設置し、Aからfまでのポイントで鉛や鉄球を落とした。所定の高さから20秒間に3回落とし、データを取った。同時にビームライン側にはBPMを設置し、サンプル位置でのビーム強度変化をモニターした。

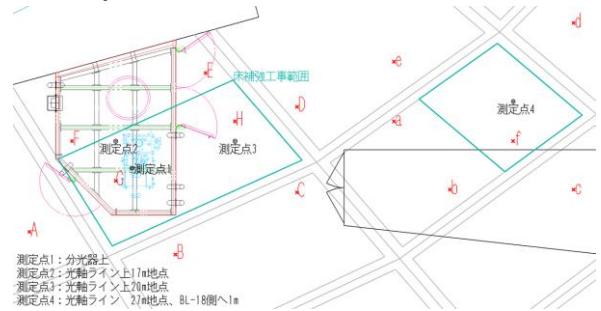


図5：測定点と衝撃ポイント

図6は工事前に行った測定の結果である。測定点に置いた振動計では、振動の大きさをデシベル単位で周波数ごとに測定した。振動の様子は振動計だけでなくBPMでも確認された。ビーム電流値が起こした衝撃と同時に変動していることがわかった。今後工事後の測定結果と比較し、衝撃に対する効果などの程度出たのか評価を行う予定である。

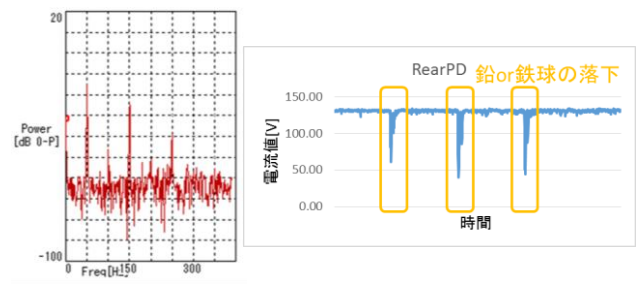


図6：衝撃伝播測定の結果（工事前）

左：測定点に置いた振動計の結果

右：衝撃発生時

サンプル位置でのビーム電流値の変動

4.2 床加重変位測定

床加重変位測定では約300kgの重りを台車に乗せて動かし、オートコリメータを用いて床の傾きや沈み込みの様子を観測した。オートコリメータを床の梁の交点に置き、オートコリメータからの出射光とその反射光が重なるように反射鏡を光学装置位置に置いて測定点とした（図7）。重りが動くことによって反射鏡が傾くと出射光と反射光にずれが生じ、このずれから反射鏡の傾き角、すなわち反射鏡が乗っている床の変位の様子を知ることができる。



図 7：床加重変位測定の様子

図 8 は反射鏡を分光器設置予定位置に置き、放射光ビームに沿って引かれたライン上で重りを動かした結果のグラフである。反射鏡の傾きを秒単位であらわしている。全体的に工事後の方が変位量が小さく、光源からの距離 19m 地点では工事前後で約 1.3 秒の差がでた。このことから、工事後は加重により床がひずむ問題が改善されたと考えている。反射鏡の位置を変えて同様の測定を行ったが、ほとんどの測定で加重による変位量が小さくなった。また、反射鏡位置とは床の梁を隔てた場所で重りを通過させた場合でも、床の変位量が工事前よりも小さくなったことがわかった。しかし、変位量や変位の様子は場所によってさまざまであった。加重による床の変位の傾向をつかみ、さらなる解析を行う必要がある。

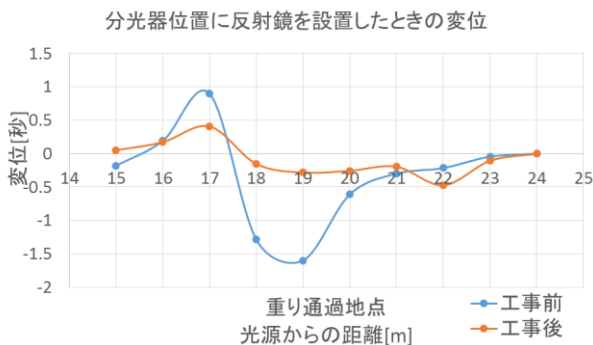


図 8：床加重変位測定の結果

5. まとめと今後の課題

実験ホールで行う大きな工事では、近隣ビームラインへの配慮がとても重要だということがわかった。また、施設部や実際に工事を行う業者とのやり取りも勉強になった。

工事前に行った衝撃伝播測定では、衝撃とビーム変動の関連性が確認できた。工事後の結果も早急にまとめ、床補強工事の効果を評価したい。床加重変位測定の結果を工事前後で比較すると、ほとんどの測定点で床補強工事の効果が見られた。うまく結果をまとめ、今後のビームライン建設に役立てていきたいと考えている。

6. 謝辞

床補強工事では KEK 施設部や施工業者の方々にご協力いただきました。また、先端技術・基盤整備・安全グループの皆様には多くのご指導、ご助言を賜り深く感謝いたします。