

Design and Development of Beam Dump for J-PARC Hadron-hall [2]

Keizo Agari, Masami Iio^{A)}, Masaharu Ieiri, Yohji Katoh, Akio Kiyomichi, Yoshinori Sato, Yoshihisa Shirakabe, Yoshihiro Suzuki, Hitoshi Takahashi, Minoru Takasaki, Kazuhiro Tanaka, Akihisa Toyoda, Megumi Naruki, Hiroyuki Noumi^{B)}, Erina Hirose, Michifumi Minakawa, Ryotaro Muto, Yutaka Yamanoi, Hiroaki Watanabe

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki, 305-0801

^{A)} Riken

2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, 170-0013

^{B)} Osaka University

10-1, Mihogaoka, Ibaraki, Osaka, 567-0047

Abstract

Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) is under construction in Tokai-mura by the High Energy Accelerator Research Organization (KEK) and the Japan Atomic Energy Agency (JAEA). An experimental hall for nuclear and particle physics (Hadron-hall) is designed to handle intense slow-extraction proton beam. The construction of this building had been completed at June, 2007 and now this beam line's components such as target, electromagnet, beam dump etc. started to be installed.

A beam dump at the end of the primary beam line is designed to safely absorb the 750 kW beam power. Its central core is made of copper with water coolant, and covered by iron and concrete for radiation protection. Since the Hadron-hall will be expanded in near future, the 1000-ton beam dump has to be movable to 50-m downstream area. In order to safely move it in short period, we adopted a slide jack and a hydraulic jack. The former has two functions of sliding on a rail and jacking up a load, and the latter moves the load to downstream. In addition, both jacks can be remotely controlled only by hydraulic pressure.

The present paper reports a R&D summary of the travelling system and status of beam dump construction.

J-PARCハドロンビームダンプの設計・開発 (2)

1. はじめに

現在J-PARCは高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究開発機構で建設が進められている。大強度ビームを取り扱うこの加速器施設のビームラインは未曾有の高放射線場において運転されると同時に、高いビームパワーによって相当の高温になる可能性がある。

50GeV-PSの陽子ビームは遅い取り出しでハドロンビームライン¹⁾に輸送される。陽子ビームはスイッチヤードを通り、ハドロン (HD) ホールまで輸送され、ターゲットを通り、最終的にはビームダンプで吸収される。

ハドロンホール施設の建築は2007年6月に完成し、その後ビームライン機器の搬入、設置が開始された。ビームダンプも2008年6月から本格的な設置が始まり、2008年8月現在も建設が進んでいる。

2. ビームダンプ

ビームダンプ (図1) はビームを直接吸収する無酸素銅、その周辺に放射線遮蔽体として鉄、コンクリートから構成される。無酸素銅はほとんどの陽子ビームを吸収するため多大な熱が発生するので、中心部に円錐状の空洞を作ることにより、エネルギー寄与を各無酸素銅ブロック毎で平均化させる。この

発熱を冷却するための配管は冷却水の放射化を抑えるため無酸素銅外周部に施される。また冷却水配管や温度測定用配線などのメンテナンスは陽子ビーム位置より2m上方のコンクリート遮蔽体で覆われたサービススペースから行われる。

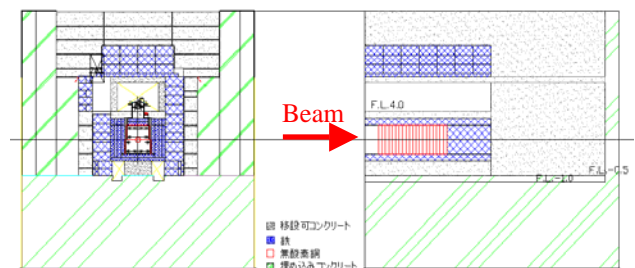


Fig.1 Beam dump

中心部近傍の無酸素銅・鉄・コンクリート遮蔽体は新規に製作するが、その他の多大な鉄・コンクリート遮蔽体にはKEKつくばキャンパス内東・北カウンターホールやトリスタンで使用されたものがリサイクルされる。

また本計画は2期に分けられて建設を行っているため、HDホールでは1期実験終了後拡張工事が行われる。その際ビームダンプを約50m下流に移設させる。

3. 移設設計

3.1 設計目標

上述のとおりHDホールでは1期実験終了後拡張工事が行われる。その際ビームダンプは下流に移設させ再利用する、もしくはビームダンプを撤去し新しいビームダンプを製作する案などが考えられる。しかし後者では製作コストや撤去時に被曝するため、移設するコストのみで遠隔から操作できる前者を選択した。ここで重要となるビームダンプの遮蔽体の総重量は約6000tonになる。外周部のコンクリート遮蔽体はほとんど放射化せず、遮蔽体に近づき作業できるが、ビーム中心に近づくとつれ、作業できなくなる。よって無酸素銅部を取り囲んでいて、近傍で作業可能な遮蔽体までの範囲を移設することにした。

またサービススペースには複雑な冷却水配管、温度測定またはインターロック用配線があるため、それらも一括で行えるように設計した。

移設範囲は中心部の無酸素銅、鉄、コンクリートで、外径4000×4000×9000mm、重量約1000tonになる。また耐放射線性から短時間での走行が求められ、本設計では8時間で移設が完了することを目標とした。

3.2 移設装置の選択

次に移設装置は走行方式、駆動方式に分けて選択した。

まず走行方式は2つの装置が考えられ、一方は下面にすべり材があり上部にはジャッキ機能を持つスライドジャッキ、もう一方は走行部のローラがエンドレスになっているチルトタンクである。チルトタンクに比べスライドジャッキはジャッキ機能を持つため省スペースで、また走行の自由度が高いためこれを選択した。

駆動方式は進行方向の最下流部でウィンチを使用し引っ張る方法とクランプによってレールを支点とし油圧横行ジャッキを伸縮させることによって移設させる方法がある。油圧横行ジャッキはウィンチより設置精度が高く、スライドジャッキと併用すれば、各ジャッキを油圧ポンプユニットにて連結し、自動制御装置にて集中管理してコントロールし、また遠隔から操作できるようになる。よって油圧横行ジャッキを選択した。

選択された装置での移設は一般的に橋梁、巨大な建築物などを移設する時に使用され、実績が豊富である。またレールは補強材を溶接したH鋼であり、このH鋼は施設建築時に施設の鉄筋とボルトで締結され、その後コンクリートで埋設される。



Fig.2 Slide jack

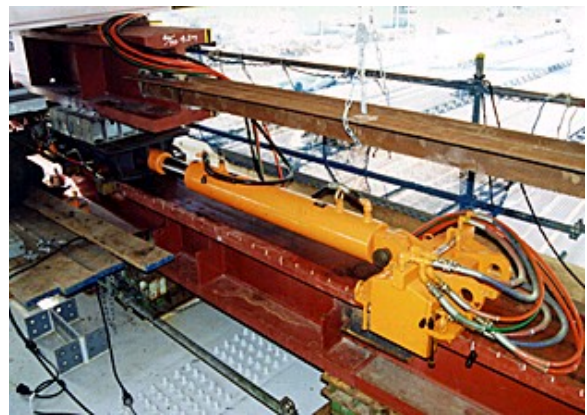


Fig.3 Devices for travelling

3.3 移設方法の確立と所要時間

前章で選択された装置は油圧で統一され、ビームダンプ後方より遠隔から操作され50m下流へ走行する。装置としては100ton用スライドジャッキを1列に8台、2列で合計16台を設置し、スライドジャッキの上下流に反力または逸走防止用のクランプを配置させる。設計目標重量は1000tonであるため、単純に安全係数は1.6になる。

移設方法としては下記のサイクルである。

- ① 前方クランプ開放
- ② ジャッキを伸ばす
- ③ 前方クランプ締付
- ④ 後方クランプ開放
- ⑤ ジャッキ収縮 (走行)
- ⑥ 後方クランプ締付
- ⑦ ①へ戻る

上記の操作は約3分で行われ、1サイクルで1m走行する。よってハドロンホールの拡張工事は50mになるため、この作業は約150分で終了し、走行だけでは1日で完了する。

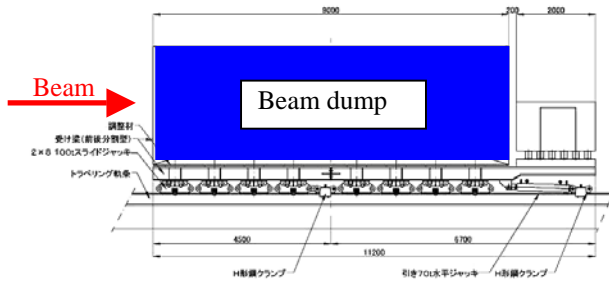


Fig.4 Travelling system

3.4 拡張工事と移設

1期実験が終了し、施設拡張の建築工事が開始される。耐放射線性を考慮に入れ、施設建設後ホール内でビームダンプは下流へと移設される。また移設する際、最も放射化する無酸素銅前面には300mm厚の鉄遮蔽体が設置される。冷却水配管はサービススペースで主配管を切り離し分配管はダンプと共に移設し、熱電対などの配線も同様である。

移設は下記の順序で予定されている。

- ① 実験室へのビーム供給停止 (ダンプ運転停止)
- ② 残留放射線量を低減する
- ③ 増設のための下流部建屋建設 (同時に移動のための床面の施工)
- ④ ダンプ周囲の遮蔽体撤去、及び陽子ビーム入り口部の放射線遮蔽体設置
- ⑤ 冷却装置および配線の養生
- ⑥ 下流設置場所へ移動
- ⑦ 冷却装置および配線の再設置
- ⑧ 周囲の遮蔽体再設置、及び陽子ビーム入り口部の放射線遮蔽構造体撤去
- ⑨ 実験再開

4. ビームダンプの設置現状

4.1 設置前作業

設置開始前の2007年8月には移設時レールとなる補強材を付加したH鋼を施設の鉄筋に結合させ、その後H鋼は底面までコンクリートで埋設された。最下部の鉄およびコンクリート遮蔽体を設置した。

4.2 遮蔽体設置開始

2008年6月より本格的な設置が開始され、まず最下面の直上にある鉄遮蔽体を設置した。この中心部の銅・鉄遮蔽体は新規に機械加工によって±0.5mmの加工精度で製作され、中心部の無酸素銅遮蔽体はピボット勘合により設置する。よってこの鉄遮蔽体を測量どおりに設置することにより、遮蔽体の設置精度がほぼ決まる。

4.3 無酸素銅部の設置

次にビームを直接吸収する無酸素銅遮蔽体を設置した。この無酸素銅には冷却水を流す配管加工が施されており、設置後配管を本体に溶接し鉛直上方向へ配管を施した。また温度測定用配線も同様に行った。

クリート遮蔽体を順次設置し、2008年10月末に完成予定である。

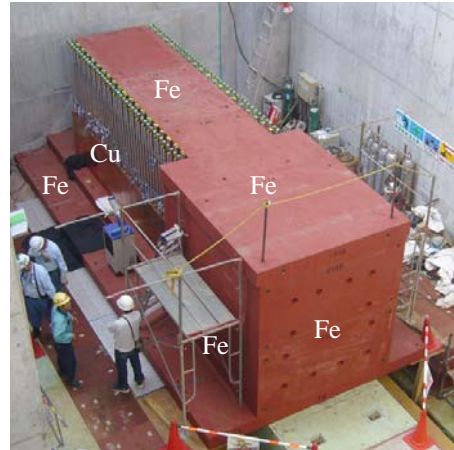


Fig. 5 Current status

5. まとめ

ビームダンプの設計・製作・設置を行った結果、下記のことがわかった。

- ✓ 移設装置はスライドジャッキ、油圧横行ジャッキを選択し、150分で移設可能である。
- ✓ 耐放射線を考慮に入れて、移設装置を遠隔操作できるように設計した。
- ✓ 2008年6月よりビームダンプの構築が開始された。
- ✓ 遮蔽体の設置は工程どおり行われ、2008年10月末には陽子ビーム受け入れ態勢が整う。

6. 謝辞

一連の研究は、文部科学省科学研究費「基盤研究(A):17204019」と「基盤研究(A): 18204026」によって支援されている。

参考文献

- [1] <http://www-ps.kek.jp/jhf-np/hadronbeam/>
- [2] 上利恵三等, “J-PARC HD-Hall ビームダンプの設計・開発”、第2回日本加速器学会年会第30回リニアック技術研究会報告集, pp. 772-774, 2005. 9