

J-PARC ハドロン実験施設における 2 次ビームライン開口部の気密強化 AIRTIGHT REINFORCEMENT OF SECONDARY BEAMLINER OPENINGS AT J-PARC HADRON EXPERIMENTAL FACILITY

岩崎 るり^{#A)}, 上利 恵三^{A)}, 青木 和也^{A)}, 家入 正治^{A)}, 加藤 洋二^{A)}, 里 嘉典^{A)}, 澤田 真也^{A)},
高橋 仁^{A)}, 田中 万博^{A)}, 豊田 晃久^{A)}, 広瀬 恵理奈^{A)}, 皆川 道文^{A)}, 武藤 亮太郎^{A)}, 森野 雄平^{A)},
山野井 豊^{A)}, 渡辺 丈晃^{A)}, Lim GeiYoub^{A)}, 長谷川 勝一^{B)}, 野海 博之^{C)}

Ruri Iwasaki^{#A)}, Keizo Agari^{A)}, Kazuya Aoki^{A)}, Masaharu Ieiri^{A)}, Yohji Katoh^{A)}, Yoshinori Sato^{A)},
Shin'ya Sawada^{A)}, Hitoshi Takahashi^{A)}, Kazuhiro Tanaka^{A)}, Akihisa Toyoda^{A)}, Erina Hirose^{A)},

Michifumi Minakawa^{A)}, Ryotaro Muto^{A)}, Yuhei Morino^{A)}, Yamanoi Yutaka^{A)}, Hiroaki Watanabe^{A)}, Geiyoub Lim^{A)},
Shoichi Hasegawa^{B)}, Hiroyuki Noumi^{C)}

^{A)}Institute of Particle and Nuclear Studies, KEK

^{B)}Japan Atomic Energy Agency

^{C)}Research Center for Nuclear Physics, Osaka University

Abstract

We have constructed new airtight walls to separate the air between the primary beamline tunnel and the secondary beamline tunnels in the Hadron Experimental Hall at J-PARC. Since radioactive materials have to be confined in the primary beamline tunnel, double layer structure has been adopted for the airtight walls. We have two openings: one at the K1.8 beam line, and the other at the K1.1-KL beam line. We performed airtight test of the newly constructed walls and confirmed that they are airtight enough for safe beam operations.

We report the structure, the construction, and the airtight test of the double airtight walls.

1. はじめに

J-PARC ハドロン実験施設のハドロン実験ホールにおいて、1 次ビームライン室の空気の閉じ込めを強化するために、2 次ビームラインの開口部に二重隔壁を設置した。隔壁の設置場所は、K1.8 ビームラインと K1.1-KL ビームラインの開口部である。躯体コンクリートの縦壁に鉄フレームを取り付けて、そのフレームの上流側と下流側のそれぞれにアルミパネルを取付け 2 重の隔壁としている。

本発表では、隔壁の構造、施工の様子と共に気密検査の結果を報告する。

2. 二重隔壁の構造

二重隔壁の設置場所は K1.8 ビームラインと K1.1-KL ビームラインの開口部である。Figure 1 の赤色の場所にそれぞれ垂直に設置されている。

隔壁の構造は、躯体コンクリートの縦壁に鉄フレームを取り付けて、そのフレームの上流側と下流側のそれぞれにアルミパネルを取付け 2 重の隔壁としている。Figure 2 に FL3m (ハドロン実験ホールの床からの高さが 3m) 以上の隔壁の構造を示す。K1.8 と K1.1 ビームラインの FL3m 以下については、2 次ビーム通過部があるためアルミパネルの代わりに気密シートを取り付けている。鉄フレームとビームダクトのフランジとを気密シートで繋いでいる。Figure 3 に FL3m 以下の隔壁の構造を示す。

[#]ruri.iwasaki@kek.jp

躯体コンクリートの縦壁と鉄フレームの間はゴム (CR スポンジ角紐、硬度 20) を挟むことによって気密を取っている。ゴムは躯体コンクリートのうねりを吸収する役割を担っている。鉄フレーム間のつなぎ部分、鉄フレームとアルミフレーム (横梁) のつなぎ部分にもゴム (CR スポンジ角紐、硬度 20) を挟むことによって気密を取っている。ゴムだけで不完全な場合にはシリコン (コーキング剤) を使っている。また、フレームとアルミパネルの間にもゴム (CR 板、硬度 45 度、厚さ 5mm) を挟むことによって空気が漏れないようにしている。

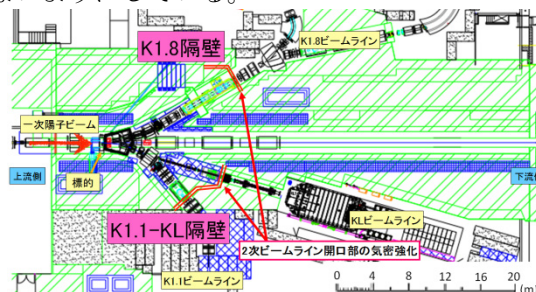


Figure 1: Layout of the double airtight wall in the Hadron experimental Hall.

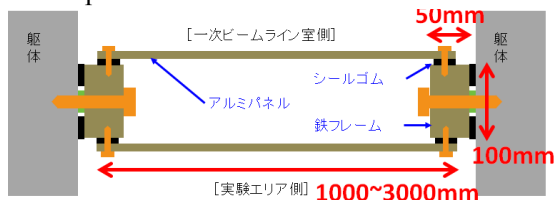


Figure 2: Top view of the double airtight wall higher than FL3m.

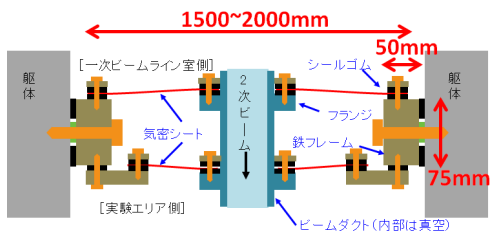


Figure 3: Top view of the double airtight wall lower than FL3m.

3. 二重隔壁の施工

2014年9月から12月にかけて現場で二重隔壁の施工を行った。隔壁の施工手順は、

1. 躯体の表面を塗装する
2. ゴムを挟んで鉄フレームを躯体に取り付ける (FL0m から順番に)
3. 横梁フレームを取り付ける
4. ゴムを挟んでアルミパネル (気密シート) をフレームに取り付ける (FL0m から順番に)

鉄フレームは 1~2.5m の長さで、躯体に取り付けたらすぐに躯体と鉄フレーム間の気密検査をして基準値を満たすことを確認してから次の鉄フレームの取り付けを行っている。アルミパネルは横 1~3m、縦 1~2m の大きさで、取り付けは鉄フレームと同様で、1 セット (上流側と下流側) 取り付けたら相対するアルミパネルで囲まれた空間の気密検査を行い、基準を満たしていることを確認している。

3.1 K1.8 ビームライン

K1.8 ビームライン側の 2 重隔壁の全体図は Figure 4 である。K1.8 ビーム部 (Figure 5) と K1.8 側部 (Figure 6) の 2 つのブロックに分かれている。2 つのブロックの間には柱を立てて連結している。

K1.8 ビーム部の FL0.9-3m は 2 次ベーム通過部があるため気密シートを使用している。また、FL0.9m の右下側にはケーブルを通さなければならないため、Figure 7 のようにケーブルが通せるような作りのフレームになっている。アルミパネルにフレキを取付け、そのフレキに隔壁の上流と下流に渡るケーブルを通す構造としている。フレキ先端とケーブルの間はコーキングをすることによって気密構造にしている。

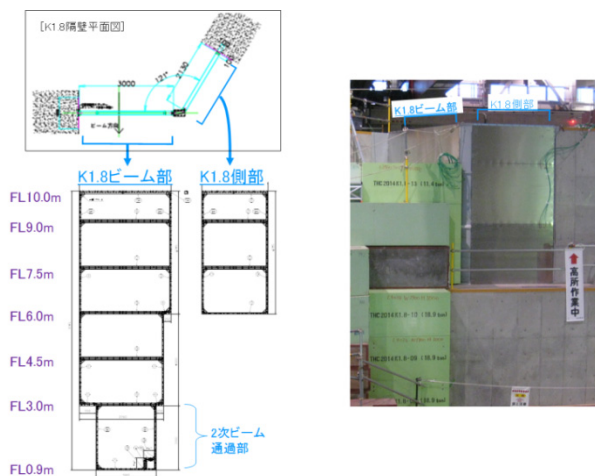


Figure 4: The airtight wall in the K1.8 beamline.

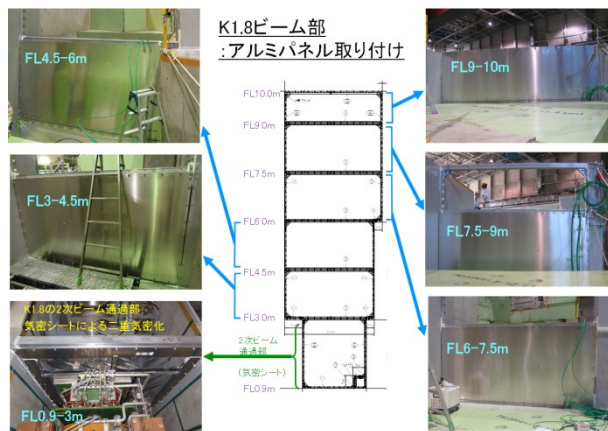


Figure 5: The airtight wall on K1.8 beam part.

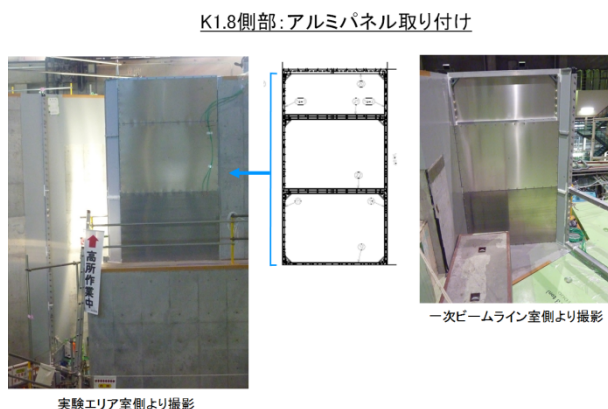


Figure 6: The airtight wall on K1.8 side part.

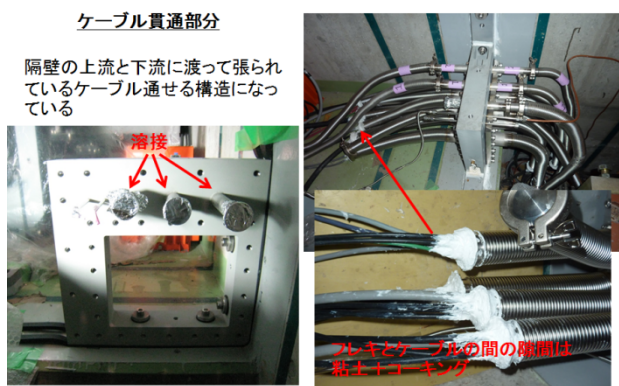


Figure 7: The airtight structure around cable penetration.

3.2 K1.1-KL ビームライン

K1.1-KL ビームライン側の 2 重隔壁の全体図は Figure 8 である。K1.1 部と中間部と KL 部の 3 つのブロックに分かれている。3 つのブロックの間には柱を立てて連結している。FL0-3m は Figure 9、FL3-8m は Figure 10、FL8-10m は Figure 11 である。

K1.1 部 FL0-3m は 2 次ビーム通過部があるため気密シートを使用している。また FL0m の左下側にはケーブルを通さなければならないため、K1.8 ビームラインと同様にケーブルが通せるような作りになっている。配管を溶接したフレームとケーブルが通せるアルミパネルを設置し、フレームにフレキを取付け、フレキ先端とケーブルの間隙はコーキングをすることによって気密にしている。また、KL 部の FL0.9-3m にも 2 次ビーム通過部があるが、ここは、2 次ビームラインの真空ダクトのフランジ面を鉄フレームと同一面にでき、取り付け作業空間が確保できるためアルミパネルを使用している。

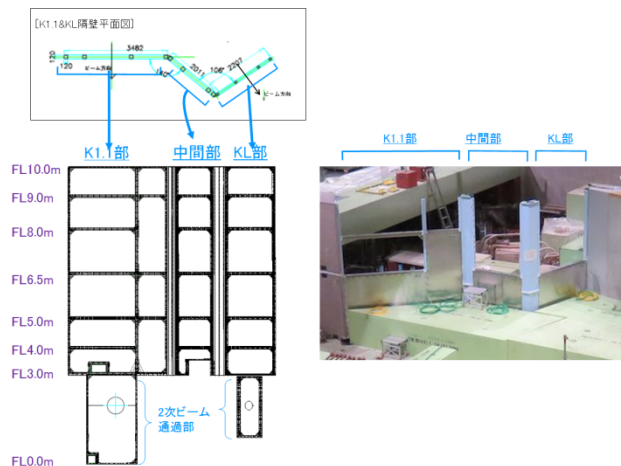


Figure 8: The airtight wall in the K1.1-KL beamline

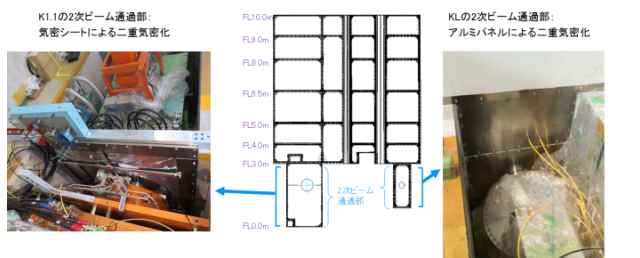


Figure 9: The airtight wall between FL0m and FL3m in K1.1-KL beamline.

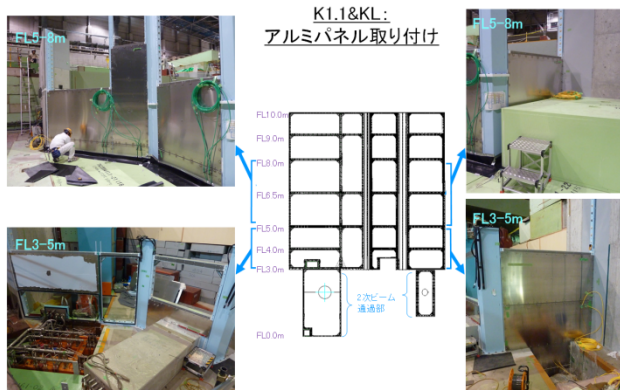


Figure 10: The airtight wall between FL3m and FL8m in K1.1-KL beamline.

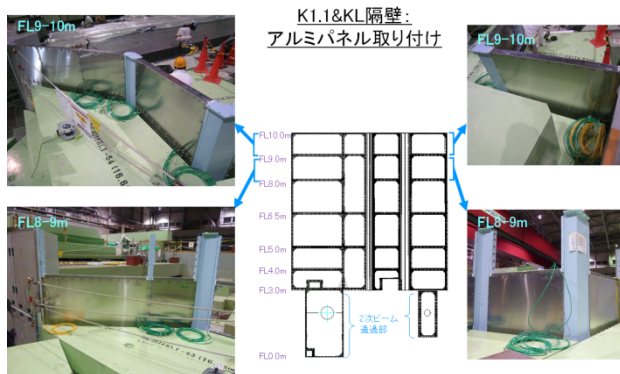


Figure 11: The airtight wall between FL8m and FL10m in K1.1-KL beamline.

4. 気密検査

4.1 検査の基準

施工において、アルミパネル、気密シートなどの気密素材を躯体などへ固定設置した箇所に対して気密検査を行った。

一次ビームライン室にて発生する気中の放射性核種が、二重気密施工箇所を通過したと仮定して、この通過量がホール内の実験エリアに拡散した場合、200kW 運転時にも排気中濃度限度の 10 分の 1 を超えないことを要求し、気密検査の基準値を

$5 \times 10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下 (施工長 1m あたり) と設けた。

4.2 検査方法

気密検査の方法は「加圧法」と「スニファー法」の2つのやり方を用いている。

加圧法とは、二重気密施工した内部に気体（空気、窒素、ヘリウム）を加圧・封入した後、圧力変動を測定する。躯体と鉄フレーム間、アルミパネルなど加圧による体積の変化が小さい施工箇所はこの方法を実施している。

スニファー法とは、二重気密施工した内部にヘリウムガスを流し、施工箇所外部にてスニファーヘッド（ヘリウムリークディテクタ）を用いて測定する。気密シートを用いた施工箇所はこの方法を実施している。スニファーヘッドは径 1cm の範囲を吸引すると考えられるので基準値を換算して

$5 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 以下(施工長 1cm あたり)を基準値とした。

4.2.1 躯体と鉄フレーム間

躯体と鉄フレーム間の気密試験は加圧法によって行った。Figure 12 のように躯体と鉄フレーム間に挟んでいるゴムに気密検査用の隙間を開けたので、その部分に窒素やヘリウム、空気などのガスを入れて加圧し、ハドロンホール内との差圧を測定する。30 分間の差圧の変化を測定し漏れ量を算出した。



Figure 12: Pressurization method to test the sealing of frame and a concrete wall.

4.2.2 鉄フレームと2枚のアルミパネル(気密シート)

鉄フレームに2枚のアルミパネルを設置し箱型となった空間の気密試験も加圧法によって行った。Figure 13 のようにアルミパネル間に窒素やヘリウム、空気などのガスを入れて加圧し、ハドロンホール内との差圧を測定する。30 分間の差圧の変化を測定し漏れ量を算出した。

アルミパネルの代わりに気密シートを設置した部分については、ヘリウムリークディテクターを用いたスニファー法によって行った。Figure 14 のように気密シート間にヘリウムを注入し、鉄フレームと気密シートの全ての継目からの漏れ量を測定した。

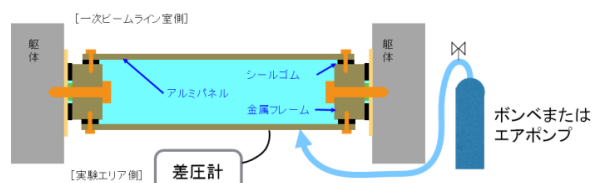


Figure 13: Pressurization method to test the sealing of frame and aluminum panels.

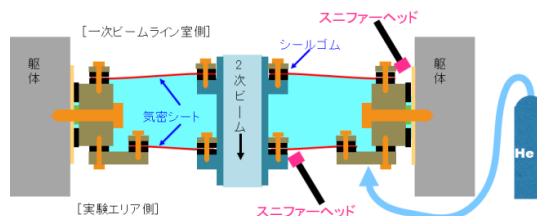


Figure 14: Sniffer method to test the sealing of frame, a beam pipe and airtight sheets.

4.3 気密検査の結果

4.3.1 K1.8 ビームライン

鉄フレームと躯体間の加圧法による気密検査の測定範囲は Figure 15 である。結果は K1.8 ビーム部①~⑩、K1.8 側部①~⑮の全ての範囲において、 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ (1m あたり)以下であった。鉄フレームとアルミパネル間の加圧法による気密検査の測定範囲は Figure 16 である。結果は K1.8 ビーム部 AP01~05 及びケーブル貫通パネル、K1.8 側部 AP06~08 の全ての範囲においても基準を満たしている。

また、K1.8 ビーム部 FL0.9-3m の鉄フレームと気密シート間のスニファー法による気密試験の測定範囲は Figure 17 である。結果は上流側 A1~A8, B1~B2, C1~C2、下流側 A1~A5, B1~B3, C1~C2, D1~D4 の全ての測定範囲においても、 $5 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ (1cm あたり)以下で基準を満たしている。

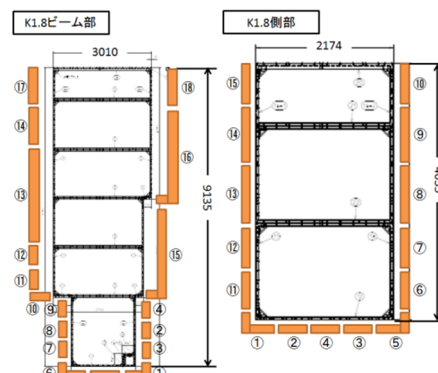


Figure 15: The area of the airtight test for the air seal of the frames and the concrete walls by the pressurization method (K1.8).

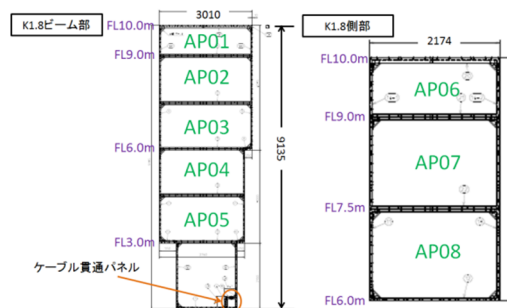


Figure 16: The area of airtight test in a frame and an aluminum panel by the pressurization method (K1.8).

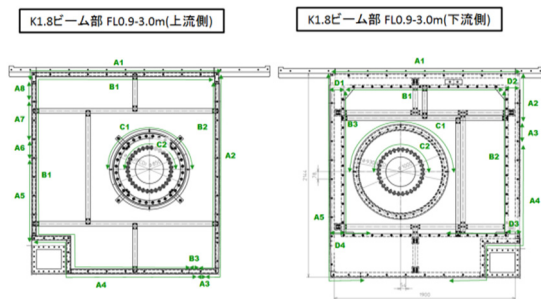


Figure 17 : The area of airtight test for the air seal of the frames and the airtight sheets by the sniffer method.

4.3.1 K1.1-KL ビームライン

鉄フレームと躯体間の加圧法による気密検査の結果は Figure 18 である。結果は K1.1 部①~⑩、中間部①~⑨、KL 部①~⑮の全ての範囲において、 $5 \times 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ (1m あたり)以下であった。鉄フレームとアルミパネル間の加圧法による気密検査の結果は Figure 19 である。結果は K1.1 部 AP01~10 及びケーブル貫通パネル、中間部 BP01~06、KL 部 CP01~06 の全ての範囲においても基準を満たしている。

また、K1.1 部 FL0.9-3m の鉄フレームと気密シート間のスニファー法による気密検査の結果は Figure 20 である。結果は上流側 1~16、下流側 1~12 の全ての測定範囲において、 $5 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ (1cm あたり)以下で基準を満たしている。

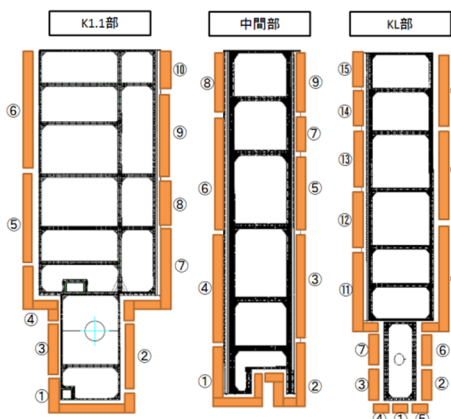


Figure 18: The area of airtight test for air seal of the frames and the concrete walls by the pressurization method (K1.1-KL).

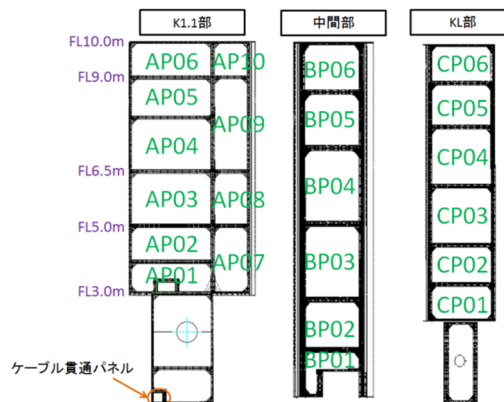


Figure 19: The area of airtight test in a frame and an aluminum panel by the pressurization method (K1.1-KL).

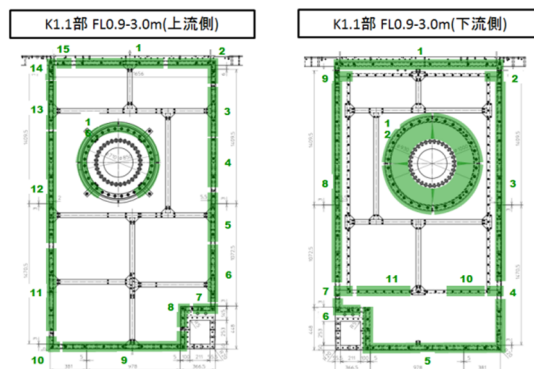


Figure 20: The area of airtight test for the air seal of the frames and the airtight sheets by the sniffer method (K1.1).

5. まとめ

J-PARC ハドロン実験施設において、二次ビームラインの開口部に二重隔壁を設置した。設置した隔壁について気密検査を行い、基準を満たしていることも確認した。これにより、一次ビームライン室の空気の閉じ込めを強化することができ、以前よりも安全に実験を行うことができるようになった。なお、ケーブルなどを通すコンクリート躯体貫通部の気密については文献[1]に報告されている。

2015年4月から利用運転が再開された。今後も二重隔壁による一次ビームライン室の気密を維持するためにメンテナンス等を行う。

参考文献

- [1] E. Hirose *et al.*, “DEVELOPMENT OF A SHIELD PENETRATION SIGNAL CABLE DUCTS FOR J-PARC HADRON EXPERIMENTAL HALL”, to appear in the Proceedings of the 12th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan.