

AN INVESTIGATION OF FIREPROOFING AND AIRTIGHT FOR FLOOR OPENINGS IN J-PARC LINAC BUILDING

Kazuaki Suganuma^{1,A)}, Shozo Anami^{B)}, Etsuji Chishiro^{A)}, Joichi Kusano^{A)}, Nobuo Ouchi^{A)}, Seiya Yamaguchi^{B)}

^{A)} Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI)

2-4 Shirakata, Shirane, Tokai, Ibaraki, 319-1195 JAPAN

^{B)} High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

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

Abstract

Considerations have been given to the airtight and fireproofing for floor openings in J-PARC Linac building where cables, waveguides, and coaxial waveguides will penetrate. It was decided to adopt the fireproof block method for fireproofing, and to use a two-component liquid sealant for airtight. From measurement of leak rate for the proposed method for airtight, it was shown that the method has enough margin compared with acceptable leak rate.

J-PARCリニアックにおける リニアック棟床開口の防火処理と気密処理に関する検討

1. はじめに

一般に建家では、火災の拡大、延焼を防止するため、建築基準法や消防法に定められた防火処理を区画貫通する開口部に施さなければならない。また、加速器建家では、作業員を放射線から防護するため、高エネルギー粒子のふるまいによる空気の放射能汚染を広げない気密処理が、放射線障害防止上必要となる。J-PARCプロジェクトのリニアックは今秋(H16年度)リニアック棟の竣工を予

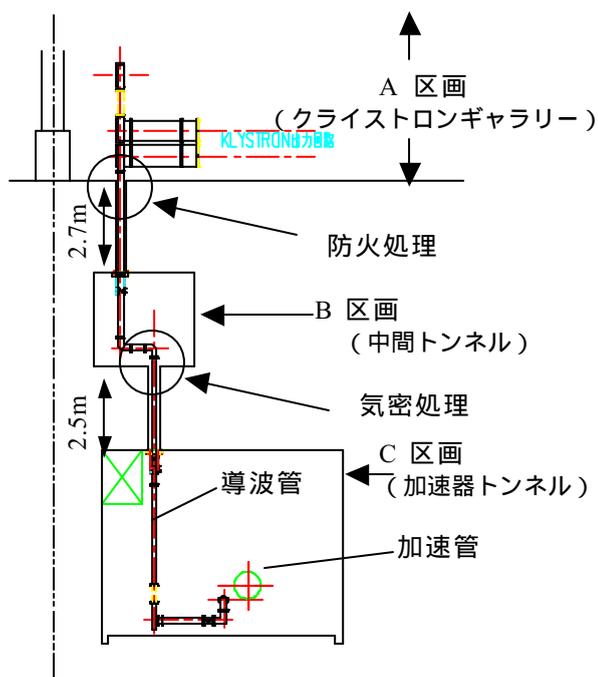


図1 リニアック棟断面の概念図。

定している。リニアック棟におけるケーブルおよび導波管・同軸管を敷設するための床貫通口の防火と気密の処理について検討をおこなった。図1にリニアック棟断面の概念図を示す。図1でA区画は地上にありクライストロンや、高周波立体回路を設置する。放射線管理区域ではあるが、クライストロンからの制動X線が主で比較的緩やかな放射線管理となっている。一方、B区画とC区画は放射線を遮蔽しやすい地下トンネル構造となっている。具体的にはC区画には加速空洞を設置し、荷電粒子の加速時には空気の放射能汚染があり、立ち入りが制限される。B区画は、貫通口をクランク構造とすることで、放射線が区画貫通口を通して、C区画からA区画へ直接通り抜け出来ない遮蔽の役割をしている。また、B区画は2mm水柱の負圧となっている。建家構造から防火処理は図に示すの場所で、気密処理はこの場所でおこなうこととした。

2. 防火処理工法の検討

表1に防火処理と気密処理の各工法の特徴を示す。表で、BCJ(The Building Center of Japan)は(財)日本建築センターの名称であるが、一般にケイ酸カルシウム板と不燃パテを使った防火工法がこの名で呼ばれている。J-PARCリニアックでは、防火処理の工法として、国土交通大臣認定の工法、コストが安い、ケーブルの追加が容易である、ある程度気密が保持できる、を採用の基準とし工法を検討した。耐火ブロック方式、MCT方式(Multi Cable Transit)、BCJ方式は国土交通大臣認定の工法であり、この中から、認定工

¹ E-mail: suganuma@linac.tokai.jaeri.go.jp

法で作業性がよく、低価格でケーブルの追加が容易な耐火ブロックに追加で不燃パテを併用した工法で防火処理をおこなうこととした。

表1 防火処理と気密処理の各工法の特徴.

	防火	気密	ケーブルの追加	価格
MCT				×
BCJ			×	
耐火ブロック	×			
耐火ブロック+パテ		×		
2液混合シール剤	×			

3. 気密処理工法に関する検討

つぎに、気密処理工法であるが、表1の中でMCTは耐火ブロックをケーブルの鉛直方向にネジでかため、シール材を表面に塗ることで気密性能を高めている。2液混合シール剤は貫通口とケーブルの間に混合剤を流し込み硬化させることで気密性を高めている。BCJは不燃パテが気密保持の役目を兼ねている。

3.1 気密処理に関する実験的検討

各気密工法の中で、気密性能が良いと思われたMCT工法と2液混合のシール剤工法について、漏れの目視による確認と漏洩率の測定をおこなった。試験の概略図を図2に、それぞれの試験体の詳細を表2に示す。厚さ100mmの軽量発砲コンクリートに試験体を取りつけ、幅700mm×奥行き400mm×高さ700mmの鉄箱と軽量発砲コンクリートの間にゴムシートを挟み、ネジ止めしている。軽量発砲コンクリート表面には空気の透過を防止するためシリコンシールを全面に塗布した。

漏れの目視確認では、加圧し、石鹼水に似た市販のリークチェッカーを使って試験体全体にスプレーし、漏れの有無を確認した。漏れがある場合、気泡となって表面に現れるので漏れの有無を確認できる。漏れの確認を実施したところ、2液混合のシール剤工法では、軽量発砲コンクリート開口部の壁面とシール剤が隣り合う界面の一部から漏れが認められた。MCT工法では各ケーブル保持用ブロック間に挟まれた金属プレートの一部と、開口部周辺の壁面の一部から漏れが認められた。両工法ともケーブルのシールからは漏れはなかった。つぎに、漏洩率測定での時間と圧力の関係を図3に示す。2液混合シール剤工法とMCT工法について、漏洩率の測定結果から、両工法とも圧力は指数関数的に減少していることがわかった。その式は、

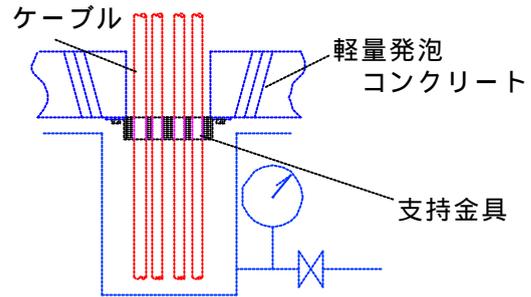


図2 試験の概略図.

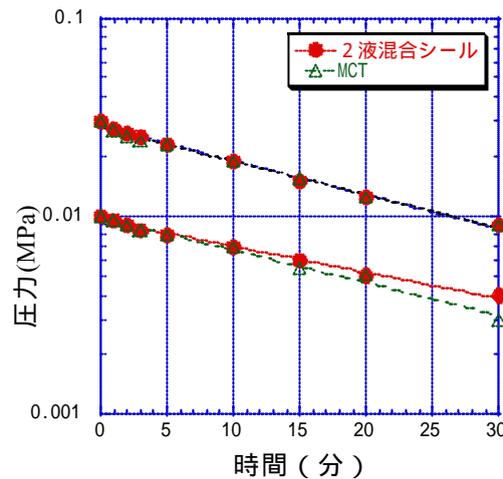


図3 時間と圧力の関係.

$$P = P_0 e^{-t/\tau} \quad (1)$$

ここで τ は緩和時間で、両工法とも約30分であった。したがって、単位時間での差圧の減少は、以下のように書ける。

$$\begin{aligned} (P) &= P_0 - P_t \\ &= P_0 - P_0 e^{-t/\tau} \\ P_0 [1 - (1 - t/\tau)] & \quad (\text{緩和時間は十分長い}) \\ &= P_0 t/\tau \end{aligned} \quad (2)$$

したがって、単位時間での容器内空気の質量(M)の減少(ΔM)は、以下ようになる。ここで、空気は理想気体とする。

$$\begin{aligned} M &= M_0 - M_t \\ &= mV(P_0 - P_t)/(RT) \\ &= mV (P) / (RT) \\ &= mV P_0 t / (\tau RT) \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、m: 空気の平均分子量、R: 気体定数、T: 絶対温度、V: 容器の体積 ($1.96 \times 10^5 \text{cm}^3$) である。単

表2 供試体の詳細

工法	2液混合シール剤	MCT
開口部寸法	120 × 230 mm	
ケーブル	C V V 2 × 20 4本 (22)	
	A C バス 0.4 × 12 P 4本 (8)	
使用部材	気密材支持金具	R G B - 6
	けい酸カルシウム板	

位時間に容器から外部へ流出した空気の体積 (V) は、状態方程式および(3)式より、次式で与えられる。

$$V = \frac{MRT}{P} = \frac{P_0 V}{P} \quad (4)$$

したがって、空気の漏洩率 (V/t) は、

$$V/t = \frac{P_0 V}{P} \quad (5)$$

となる。これより、差圧 P_0 が 2mm (水柱) の場合、漏洩率は、 $0.022 [\text{cm}^3/\text{s}]$ となる。

供試体の開口部の面積は、 $23\text{cm} \times 12\text{cm} = 0.0276\text{m}^2$ であるが、実際の開口部の面積はおおよそ $50\text{cm} \times 100\text{cm} = 0.5\text{m}^2$ である。空気の漏洩率が開口部の面積に比例すると仮定すると、1開口部当たりの漏洩率は、 $0.022 \times (0.5/0.0276) = 0.40\text{cm}^3/\text{s}$ となる。

3.2 漏洩率の限度

一般に、室内において有害なガスが発生する場合、これを排除するのに必要な換気量は次式で表される^[1]。ただし、有害ガスは室内に一樣に拡散しているものとする。

$$C = G/D \quad (6)$$

ここで、
C: 室内ガス濃度 [m^3/m^3]
G: ガス発生量 [m^3/h]
D: 換気量 [m^3/h]

いま、加速器トンネルにおける放射性物質の発生量を $A [\text{Bq}/\text{m}^3]$ 、加速器トンネルから中間トンネルへの漏洩率を $B [\text{m}^3/\text{h}]$ とすると、(6)式のガス発生量に相当する量は、 $A B [\text{Bq}/\text{h}]$ となる。よって、室内放射物質濃度は、以下ようになる。

$$C = A B/D \quad (7)$$

ここで、
C: 室内放射物質濃度 [Bq/m^3]
A B: 放射物質発生量 [Bq/h]
D: 換気量 [m^3/h]

ビーム損失を $0.1\text{W}/\text{m}$ と仮定して、 400MeV のビームを L3BT まで輸送し 20 日間運転した場合の加速

器トンネル内の放射性物質発生量 (運転停止直後) は、J-PARC 安全グループによって計算されている^[2]。表3に放射性物質漏洩率の限度の計算を示す。ここで、発生量は、 $0 \sim 200\text{MeV}$ の値と、 $200 \sim 400\text{MeV}$ の値の相加平均とした。また、換気量は $4150 [\text{m}^3/\text{h}]$ である。排気中の放射性物質濃度限度は、複数の核種がある場合には各核種ごとに指定された限度^[3]に対する割合の和が 1 を超えないことが排気可能条件であるが、ここでは割合の和が 0.5 を超えないことを条件に、(7)式より B の値を求めた。その結果、漏洩率を $4720\text{cm}^3/\text{s}$ 以下にすれば割合の和を 0.5 以下にすることができる。

3.3 漏洩率の評価

中間トンネル床開口部の寸法すべてが $50\text{cm} \times 100\text{cm}$ で、個数が 100 であると仮定すると、前項で求めた漏洩率の限度を 100 で割って、 $47\text{cm}^3/\text{s}$ という値が 1 開口部当たりの漏洩率の限度となる。3章1項で述べたように測定結果から求めた 1 開口部当たりの漏洩率は $0.4\text{cm}^3/\text{s}$ であったから、限度に対して 2 桁の余裕がある。

4. まとめ

J-PARC リニアックにおける床開口部の防火処理と気密処理について検討をおこなった。防火処理は耐火ブロックを用いた工法を、気密処理は 2 液混合剤を用いた工法を採用する。供試体を用いた気密性の試験を行なった結果、トンネル内の空気中放射性同位元素から算出される許容漏洩率に対し十分余裕があることがわかった。

参考文献

- [1] 例えば、林 太郎 (編) 「排気・集じんシステム」, 朝倉書店 (1973), p.97.
- [2] 中根佳弘, 私信.
- [3] 科学技術庁告示第 5 号 (平成 12 年 10 月 23 日) 「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」別表第 1 および第 2.

表3 放射性物質漏洩率の限度の計算.

核種	半減期	発生量			漏洩率	中間トンネル濃度	排気中濃度限度	割合	
		0-200 MeV Bq/cc	200-400 MeV Bq/cc	平均 Bq/cc					
1	H-3	12.33 y	1.20E-04	1.51E-04	1.36E-04	4720	5.56E-07	3.00E-03	1.85E-04
2	Be-7	53.29 d	8.74E-04	5.69E-04	7.21E-04	4720	2.96E-06	2.00E-03	1.48E-03
3	Be-11	13.81 s	1.22E-04	1.35E-04	1.28E-04	4720	5.27E-07	1.00E-04	5.27E-03
4	C-10	19.255 s	5.88E-04	2.42E-04	4.15E-04	4720	1.70E-06	4.00E-06	4.26E-03
5	C-11	20.39 m	1.16E-02	3.71E-03	7.67E-03	4720	3.15E-05	7.00E-04	4.50E-02
6	C-14	5730 y	2.42E-05	5.80E-05	4.11E-05	4720	1.69E-07	2.00E-02	8.44E-06
7	C-15	2.449 s	8.21E-05	9.36E-05	8.78E-05	4720	3.60E-07	1.00E-04	3.60E-03
8	N-13	9.965 m	1.51E-02	1.60E-02	1.55E-02	4720	6.38E-05	7.00E-04	9.11E-02
9	N-16	7.13 s	4.84E-03	6.03E-03	5.43E-03	4720	2.23E-05	1.00E-04	2.23E-01
10	O-14	70.606 s	5.18E-03	2.75E-04	2.73E-03	4720	1.12E-05	2.00E-04	5.59E-02
11	O-15	122.24 s	3.51E-03	3.46E-03	3.49E-03	4720	1.43E-05	7.00E-04	2.04E-02
12	Ar-37	35.04 d	3.95E-05	9.49E+05	6.72E-05	4720	2.76E-07	7.00E+02	3.94E-10
13	Ar-41	109.34 m	3.53E-03	8.48E-03	6.00E-03	4720	2.46E-05	5.00E-05	4.93E-02

割合の和 5.00E-01