

JAERI-Tech
2003-019



JP0350090



大強度陽子加速器計画における
核破碎中性子源遮蔽体の基本設計

2003年3月

吉田 勝彦・前川 藤夫・高田 弘

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の間合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越してください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 〒319-1195, Japan.

©Japan Atomic Energy Research Institute, 2003

編集兼発行 日本原子力研究所

大強度陽子加速器計画における
核破碎中性子源遮蔽体の基本設計

日本原子力研究所東海研究所大強度陽子加速器施設開発センター
吉田 勝彦*・前川 藤夫・高田 弘

(2003年1月29日受理)

原研-KEKの大強度陽子加速器計画(J-PARC)の物質・生命科学実験施設の主要施設として、3GeV-1MWの陽子ビーム駆動による核破碎中性子源の建設が計画されている。本報告書は、モンテカルロ計算による遮蔽性能の評価によって全体寸法が決定された中性子源の生体遮蔽体について、コスト及び取扱いの点で最適な分割方法ならびに、強度面からの設計検討を行った結果についてまとめたものである。強度検討に関しては、異常時荷重として震度5.5(250Gal)程度の地震が発生した場合について、遮蔽体が転倒あるいは、横ズレ等しないかどうかについて検討を行った。長い支持スパンで両端支持される天井遮蔽体に関しては、中央部の最大曲げ応力、最大撓み量に関する検討を行った。

Basic Design of Shield Blocks for a Spallation Neutron Source
under the High-intensity Proton Accelerator Project

Katsuhiko YOSHIDA*, Fujio MAEKAWA and Hiroshi TAKADA

Center for Proton Accelerator Facilities
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 29, 2003)

Under the JAERI-KEK High-Intensity Proton Accelerator Project (J-PARC), a spallation neutron source driven by a 3 GeV-1MW proton beam is planned to be constructed as a main part of the Materials and Life Science Facility. Overall dimensions of a biological shield of the neutron source had been determined by evaluation of shielding performance by Monte Carlo calculations. This report describes results of design studies on an optimum dividing scheme in terms of cost and treatment and mechanical strength of shield blocks for the biological shield. As for mechanical strength, it was studied whether the shield blocks would be stable, fall down or move to a horizontal direction in case of an earthquake of seismic intensity of 5.5 (250 Gal) as an abnormal load. For ceiling shielding blocks being supported by both ends of the long blocks, maximum bending moment and an amount of maximum deflection of their center were evaluated.

Keywords: J-PARC, Materials and Life Science Facility, Spallation Neutron Source, Shield Blocks, Mechanical Strength, Bending Moment, Deflection

* On leave from Kobe Steel Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. ベッセル周り遮蔽体の検討	2
2.1 諸 元	2
2.2 分割方法の検討	3
2.3 圧縮量の算出	3
2.4 地震時、転倒モーメントの検討	5
2.5 地震時、水平力の検討	5
3. 陽子ビーム入射部遮蔽体の検討	7
3.1 諸 元	7
3.2 分割方法の検討	7
3.3 圧縮量の算出	8
3.4 地震時、転倒モーメントの検討	9
3.5 地震時、水平力の検討	9
4. ターゲット台車挿入部遮蔽体の検討	11
4.1 諸 元	11
4.2 分割方法の検討	11
4.3 圧縮量の算出	12
4.4 地震時、転倒モーメントの検討	13
4.5 地震時、水平力の検討	13
5. 天井遮蔽体の検討	15
5.1 諸 元	15
5.2 天井遮蔽体の強度検討	15
6. まとめ	17
参考文献	17
付録：遮蔽体の詳細設計計算データ	19

Contents

1. Introduction	1
2. Studies on Outer-vessel Shielding Blocks	2
2.1 Design Conditions	2
2.2 Studies on Dividing Method	3
2.3 Calculation of Amount of Compression	3
2.4 Estimation of Overturning Moment in Case of an Earthquake	5
2.5 Estimation of Horizontal Force in Case of an Earthquake	5
3. Studies on Shielding Blocks around Proton Beam Introduction Part	7
3.1 Design Conditions	7
3.2 Studies on Dividing Method	7
3.3 Calculation of Amount of Compression	8
3.4 Estimation of Overturning Moment in Case of an Earthquake	9
3.5 Estimation of Horizontal Force in Case of an Earthquake	9
4. Studies on Shielding Blocks around Target Trolley Introduction Part	11
4.1 Design Conditions	11
4.2 Studies on Dividing Method	11
4.3 Calculation of Amount of Compression	12
4.4 Estimation of Overturning Moment in Case of an Earthquake	13
4.5 Estimation of Horizontal Force in Case of an Earthquake	13
5. Studies on Ceiling Shielding Blocks	15
5.1 Design Conditions	15
5.2 Calculation of Dynamics of Ceiling Shielding Block	15
6. Summary	17
References	17
Appendix: Detailed Design Calculation Data for Shielding Blocks	19

1. はじめに

現在、原研-KEK の大強度陽子加速器計画 (J-PARC) の物質・生命科学実験施設として、3GeV-1MW の陽子ビーム駆動による核破砕中性子源の建設が計画されている。生体遮蔽体の遮蔽性能に関しては、中性子源全体の 3 次元的にモデル化したモンテカルロ計算により評価が行われ、遮蔽体外側において目標線量以下となるような遮蔽構造が決定されている。^{1,2)}

本報告書は、決定された遮蔽体構造に基づき、図 1 に示す核破砕中性子源の生体遮蔽体のうちアウターライナー内における遮蔽体 (ベッセル周り遮蔽体 (機器番号; 1~9)、陽子ビーム入射部遮蔽体 (機器番号; 10~17)、ターゲット台車挿入部遮蔽体 (機器番号; 18~24)、天井遮蔽体) について、製作・据付・コスト等を念頭に置きながら分割方法ならびに、強度面から設計検討を行った結果についてまとめたものである。

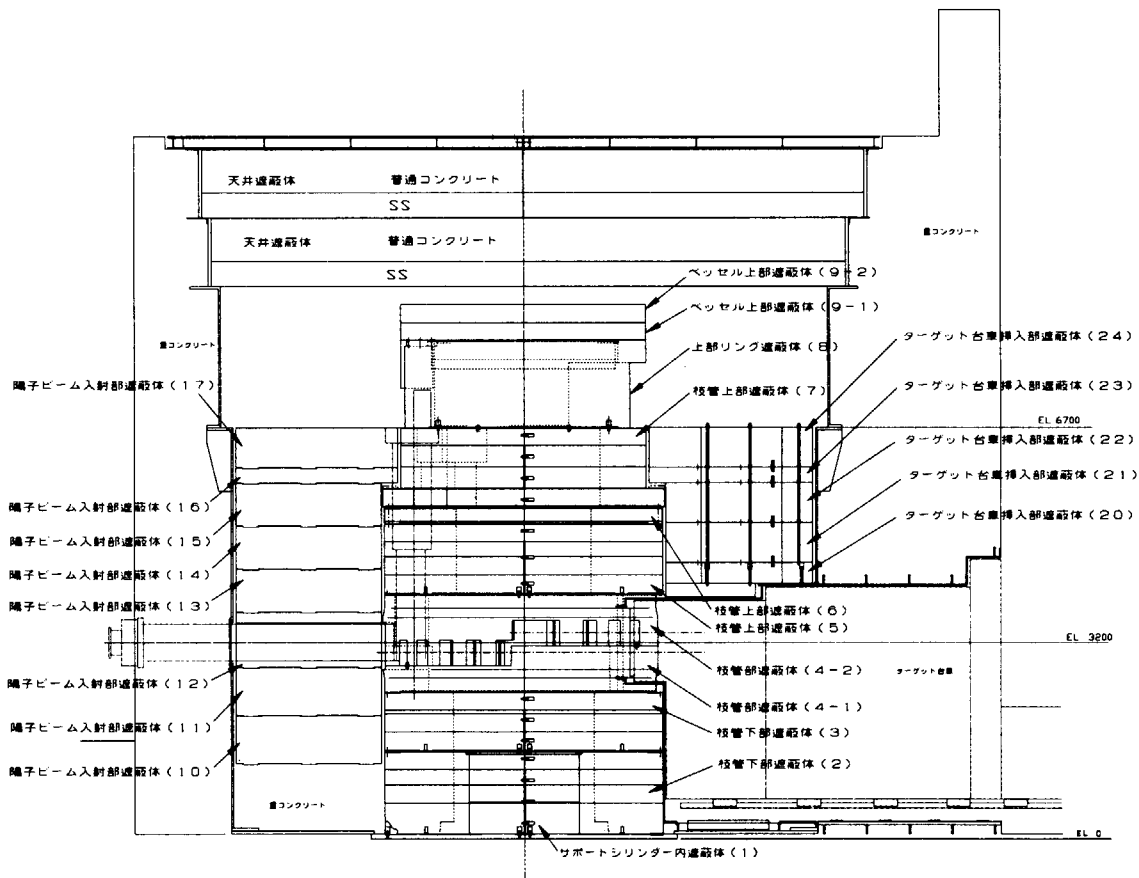


図 1 ターゲットステーション遮蔽体全体図

2. ベッセル周り遮蔽体の検討

2.1 諸元

(1) 使用条件

ヘリウムベッセル垂直軸から半径；2300mm内の遮蔽。

(2) 環境条件

- (a) 温度；60℃以下
- (b) 圧力；大気圧
- (c) その他；放射線雰囲気下（最大1MGy/年）

(3) 荷重条件；

- (a) 通常時荷重；自重のみ
- (b) 異常時荷重；
水平震度；0.25G
- (c) その他；
メンテナンス時載荷荷重；150トン（機器番号8上部）

(4) その他；

- (a) 遮蔽体重量；約50トン/個以下
- (b) 遮蔽体比重；
 - ・ 鉄部；7.85g/cm³（見かけ比重；7.6g/cm³以上）
 - ・ コンクリート部；2.30g/cm³（見かけ比重；2.2g/cm³以上）
- (c) ブロック（機器番号；7）上部においてシャッター駆動装置を支持すること。
- (d) 遮蔽体と隣接機器との標準隙間
 - ・ 50mmを標準隙間とする。

核破碎中性子源ステーションの基本構想を検討した初期段階においてシャッター駆動装置を支持するためのシャッターサポートシリンダの採用が考えられていた。この場合における遮蔽体の据付は、ヘリウムベッセルとシャッターサポートシリンダの挟まれた空間に遮蔽体を搬入する必要がある、大重量かつ多数の遮蔽体を効率的に搬入・据付をするためには、内外径部分において各々50mm程度の隙間が必要であると考えたためであった。その後の検討において、シャッターサポートシリンダを採用しないことが決定され、遮蔽体を外側から内側に押し込むように据付が可能になるなど据付時の作業性が大幅に改善されたため、その観点からすると隙間の低減は可能であると考えられる。しかし、隙間；50mmでも遮蔽

能が満足されており、また隙間を遮蔽体等の冷却用空気の流路として積極的に利用しようとする考えから、従来数値を採用した。

2.2 分割方法の検討

(ア) 遮蔽体ブロックサイズの検討

ブロックの分割に関しては、周辺機器との取り合い、コスト、付帯機器の制限等から検討を行った。周辺機器との取り合い部分で各ブロックの直径が種々変化するが、ブロック分けにおいてはブロック直径をできるだけ一様にするにより形状の単純化を計り、さらにブロック点数を可能な限り削減していくことが、製作費、据付費等のコスト面から有利であると考えた。また据付前のブロックの仮置き場所である中性子実験ホールのクレーン容量；50 トンに配慮しながらブロック点数の低減を計った。

(イ) ブロックの主要寸法

表1 ブロックの主要寸法

No	名 称	外 径	内 径	高 さ	重 量	分割数
—	—	mm	mm	mm	kg	—
1	サポートリング内遮蔽	1,800	0	1,215	24,271	1
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	114,773	2
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	103,910	2
4-1	枝管部遮蔽	4,600	3,100	758	53,977	2
4-2	枝管部遮蔽	4,600	3,100	832	59,247	2
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	101,614	2
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	38,895	2
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	76,988	2
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	57,829	1
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	34,526	1
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	42,418	1

2.3 圧縮量の算出

ベッセル周り遮蔽体の通常時および、キャスク使用時の遮蔽体圧縮量の計算結果をそれぞれ表2、3に示す。なお受圧面積は、枝管部遮蔽体 (No. 4-2) は、ヘリウムベッセル枝管が貫通する部分を取り除いた水平断面積を採用し、またその他の遮蔽ブロックは、水平断面全体で上方にある遮蔽ブロックの荷重を支持するものとした。

表2 ベッセル周り遮蔽体の自重による圧縮量 (通常時)

No.	名 称	受圧面積	圧縮応力	Young 率	圧縮量
		(下面)	σ_c	E	ΔH
		S	W_L/S		$\sigma_c H/E$
		mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	mm
1	サポートシリンダ内遮蔽	2,544,690	0.01	21000	0.001
2	枝管下部遮蔽	4,487,765	0.15	21000	0.008
3	枝管下部遮蔽	5,413,592	0.10		0.005
4-1	枝管部遮蔽	5,902,738	0.07		0.003
4-2	枝管部遮蔽	3,444,177	0.11		0.004
5	枝管上部遮蔽	5,413,592	0.06		0.003
6	枝管上部遮蔽	5,392,921	0.04	1800	0.009
7	上部リング遮蔽	5,519,778	0.04		0.002
8	上部リング遮蔽	3,644,026	0.04		0.003
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,653,510	0.02		0.000
9-2	ベッセル上部遮蔽	2,387,610	0.02		0.000
	合 計				0.038

表3 ベッセル周り遮蔽体の圧縮量 (キャスク使用時)

No.	名 称	受圧面積	圧縮応力	Young 率	圧縮量
		(下面)	σ_c	E	ΔH
		S	W_L/S		$\sigma_c H/E$
		mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	mm
1	サポートシリンダ内遮蔽	2,544,690	0.01	21000	0.001
2	枝管下部遮蔽	4,487,765	0.16	21000	0.009
3	枝管下部遮蔽	5,413,592	0.11		0.006
4-1	枝管部遮蔽	5,902,738	0.08		0.003
4-2	枝管部遮蔽	3,444,177	0.13		0.005
5	枝管上部遮蔽	5,413,592	0.07		0.003
6	枝管上部遮蔽	5,392,921	0.05	1800	0.011
7	上部リング遮蔽	5,519,778	0.05		0.003
8	上部リング遮蔽	3,644,026	0.05		0.004
	キャスク等				
	合 計				0.044

上述の結果から、ベッセル周り遮蔽体の通常時とキャスク使用時における圧縮量(変動値)の差は十分小さく、シャッター駆動装置部分に対して十分な精度を維持できるものと考えられる。従って遮蔽体における荷重流れを十分注意することにより、受圧面積を低減した構造を採用することも可能である。(付表1参照)

2.4 地震時、転倒モーメントの検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、ベッセル周り遮蔽体が転倒するかどうかについて検討した結果を表 4 に示す。

表 4 ベッセル周り遮蔽体の地震時転倒モーメント (0.25G)

No.	名 称	外径	内径	高さ	載荷重量	図心 (下面基準)	水平震度 G	転倒モーメント ((Do/2)-Gy)W kgf·mm	
		Do	Di	H		y			
		mm	mm	mm	kgf	mm			
1	サポートシリンダ内遮蔽	1,800	0	1,215		607.5	0.25	1.82E+07	
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	656,677	607.5	0.25	2.43E+08	
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	541,904	1,765.0		1.90E+08	
4-1	枝管部遮蔽	4,600	3,100	758	437,994	2,694.0		8.78E+07	
4-2	枝管部遮蔽	4,600	3,100	832	384,017	3,489.0		8.46E+07	
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	324,770	4,427.5		1.18E+08	
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	223,156	5,150.0		1.12E+07	
7	上部リング遮蔽	4,020	2,500	1,260	211,760	5,980.0		3.96E+07	
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	134,773	7,330.0		9.69E+06	
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	76,944	8,225.0		-1.94E+06	
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	42,418	8,615.0		-6.52E+06	
	合 計			8,830					7.76E+08

表 4 に示すようにサポートシリンダ内遮蔽体およびベッセル周り遮蔽体の転倒モーメントがそれぞれ 1.82×10^7 、 $7.76 \times 10^8 \text{ kgf} \cdot \text{mm} \geq 0$ であることから これら遮蔽体は水平震度 ; 0.25G の地震においては転倒しないものと考えられる。

(付表 2. 1 ~ 2. 12 参照)

なお、ベッセル周り遮蔽体全体の重心位置は、

$$\Sigma y W / \Sigma W = 4,031 \text{ mm}$$

である。

2.5 地震時、水平力の検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、各遮蔽体の下面取付部において発生する水平力ならびに受け部材に生じるせん断応力の計算結果をまとめたものを表 5 に示す。

本検討においては、取付部に地震による水平力のみが作用した場合、地震による水平力と遮蔽体自重による摩擦力を考慮した場合、さらに遮蔽体を固定するボルトの締め付け力を加算した 3 種類の場合について検討を行った。

なお、軟鋼-軟鋼の乾燥摩擦係数は 0.4 であるが、本計算では余裕をみて 0.2 を採用した。

表5 ベッセル周り遮蔽体の下面取付部における
地震時水平力及びせん断応力 (0.25G, $\mu=0.2$)

No.	名称	水平力			せん断応力			受け部
		地震力	地震力 +摩擦力	地震力 +摩擦力 +締結力	地震力	地震力 +摩擦力	地震力 +摩擦力 +締結力	
		kgf	kgf	kgf	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	
1	サポートシリンダ内遮蔽	6,068	1,214	1,214	3.24	0.65	0.65	75W×25t×1
2	枝管下部遮蔽	164,169	32,834	-32,566	5.47	1.09	-1.09	300W×50t×2
3	枝管下部遮蔽	135,476	27,095	-38,305	0.30	0.06	-0.09	φ2640×170t
4-1	枝管部遮蔽	109,498	21,900	-43,500	0.09	0.02	-0.04	φ3100×400t
4-2	枝管部遮蔽	96,004	19,201	-33,119	12.22	2.44	-4.22	φ50×4
5	枝管上部遮蔽	81,192	16,238	-49,162	0.10	0.02	-0.06	φ4040×200t
6	枝管上部遮蔽	55,789	11,158	-54,242	0.03	0.01	-0.03	φ4048×504t
7	上部リング遮蔽	52,940	10,588	-54,812	0.26	0.05	-0.26	φ4508×46t
8	上部リング遮蔽	33,693	6,739	-58,661	4.29	0.86	-7.47	φ50×2
9-1	ベッセル上部遮蔽	19,236	3,847	-20,004	—	—	—	—
9-2	ベッセル上部遮蔽	10,604	2,121	-15,556	—	—	—	—

表5に示すようにベッセル周り遮蔽体の下面取付部に生じる水平力は、地震による水平力と遮蔽体自重および遮蔽体を固定するボルトの締め付け力による摩擦力を考慮した場合、いずれのブロックも水平力は負の値を示している。実際には摩擦力は水平力の抗力として発生するものであるから、水平力より大きな力になることはなく、水平力=0となる摩擦係数(<0.2)が存在することを表しており、この程度の地震では水平移動しないものと考えられる。従って、受け部にはせん断力は生じないものと考えられる。

サポートシリンダ内遮蔽体はボルトによる固定を行っていないため、地震時水平力の計算結果は正であり、何らかの横ズレ防止対策が必要である。本基本設計では、サポートシリンダ内遮蔽体を設置後、その上部に横ズレ防止プレートを現場溶接にて設けることを考えており、このプレートを介して、サポートシリンダ内壁に上記地震時横荷重を伝播させることにより横ズレが防止できるものと考えている。この時のサポートシリンダ内遮蔽体の受け部に生じるせん断応力は、十分小さい(<10kg/mm²)ため問題ないものと考えられる。

(付表2. 1~2. 12参照)

3. 陽子ビーム入射部遮蔽体の検討

3.1 諸元

(1) 使用条件

陽子ビーム窓周辺の遮蔽。

(2) 環境条件

- (a) 温度 ; 60℃以下
- (b) 圧力 ; 大気圧
- (c) その他 ; 放射線雰囲気下 (最大 1 MGy/年)

(3) 荷重条件 ;

- (a) 通常時荷重 ; 自重のみ
- (b) 異常時荷重 ;
水平震度 ; 0.25G

(4) その他 ;

- (a) 遮蔽体重量 ; 約 50 トン/個以下
- (b) 遮蔽体比重 ;
 - ・ 鉄部 ; 7.85g/cm³ (見かけ比重 ; 7.6g/cm³ 以上)
 - ・ コンクリート部 ; 2.30g/cm³ (見かけ比重 ; 2.2g/cm³ 以上)
- (c) 遮蔽体と隣接機器との標準隙間
 - ・ 50 mmを標準隙間とする。

3.2 分割方法の検討

(1) 遮蔽体ブロックサイズの検討

ブロックの分割にあたっては、周辺機器との取り合い、コストと付帯機器の制限から検討を行った。周辺機器との取り合い部分では、特に取付台座および陽子ビーム入射部ライナーとの取り合いに注意しながら、各ブロックの厚さをできるだけ一様にするにより形状の単純化を計り、さらにブロック点数を可能な限り削減していくことが、製作費、据付費等のコスト面から有利であると考え、クレーン容量 ; 50 トンに配慮しながらブロック点数の低減を計った。

(2) ブロックの主要寸法

表6 ブロックの主要寸法

No.	名 称	外径	内径	高さ	重量
		Do	Di	H	$W = \rho A H$
		mm	mm	mm	kgf
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	44,119
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	44,119
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	57,967
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	45,085
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	45,085
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	45,085
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	5,941
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	52,720
	合 計			5,270	340,122

3.3 圧縮量の算出

陽子ビーム入射部遮蔽体の自重による圧縮量の計算結果をまとめたものを表7に示す。なお受圧面積は、水平断面全体で上方にある遮蔽ブロックの荷重を支持するものとした。圧縮応力ならびに圧縮量は、十分小さく、問題ないものと考えられる。

(付表1参照)

表7 陽子ビーム入射部遮蔽体の自重による圧縮量

No.	名 称	受圧面積	圧縮応力	Young 率	圧縮量
		(下面)	σ_c	E	ΔH
		S	W_L/S		$\sigma_c H/E$
		mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	mm
10	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.13	21000	0.004
11	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.11		0.004
12	陽子ビーム入射部遮蔽	2,046,004	0.12		0.005
13	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.07		0.002
14	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.06		0.002
15	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.04		0.001
16	陽子ビーム入射部遮蔽	2,665,504	0.02	1800	0.003
17	陽子ビーム入射部遮蔽	3,233,158	0.02		0.001
	合 計				0.022

3.4 地震時、転倒モーメントの検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、陽子ビーム入射部遮蔽体が転倒するかどうかについて検討した結果を表 8 に示す。

表 8 陽子ビーム入射部遮蔽体の地震時転倒モーメント (0.25G)
(支点から重心までの距離 ; $x = 1,455\text{mm}$)

No.	名 称	外径	内径	高さ	載荷重量	図心 (下面基準)	水平震度	転倒モーメント
		Do	Di	H		y	G	($x-Gy$)W
		mm	mm	mm	kgf	mm	—	kgf·mm
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	5,270	342.5	0.25	6.04E+07
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	4,585	1,027.5		5.29E+07
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	3,900	1,820.0		5.80E+07
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	3,000	2,620.0		3.61E+07
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	2,300	3,320.0		2.82E+07
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	1,600	4,020.0		2.03E+07
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	900	4,495.0		1.97E+06
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	650	4,945.0		1.16E+07
	合 計			5,270				2.69E+08

表 8 に示すように陽子ビーム入射部遮蔽体の転倒モーメントが $2.69 \times 10^8 \text{kgf} \cdot \text{mm}$ ≥ 0 であることから これら遮蔽体は 0.25G の地震においては転倒しないものと考えられる。(付表 3. 1 ~ 3. 9 参照)

なお、陽子ビーム入射部遮蔽体全体の重心位置は、

$$\Sigma y W / \Sigma W = 2,653 \text{ mm}$$

である。

3.5 地震時、水平力の検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、各遮蔽体の下面取付部において発生する水平力ならびに受け部材に生じるせん断応力の計算結果をまとめたものを表 9 に示す。

本検討においては、取付部に地震による水平力のみが生じた場合、地震による水平力と遮蔽体自重による摩擦力を考慮した場合、さらに遮蔽体を固定するボルトの締め付け力を加算した 3 種類の場合について検討を行った。

なお、軟鋼-軟鋼の乾燥摩擦係数は 0.4 であるが、本計算では余裕をみて 0.2 を採用した。

表9 陽子ビーム入射部遮蔽体の下面取付部における
地震時水平力及びせん断応力 (0.25G, $\mu=0.2$)

No.	名 称	水平力			せん断応力			受け部
		地震力	地震力 + 摩擦力	地震力 + 摩擦力 + 締結力	地震力	地震力 + 摩擦力	地震力 + 摩擦力 + 締結力	
		kgf	kgf	kgf	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	
10	陽子ビーム入射部遮蔽	85,031	17,006	-22,234	5.67	1.13	-1.48	150W × 50t × 2
11	陽子ビーム入射部遮蔽	74,001	14,800	-24,440	4.93	0.99	-1.63	150W × 50t × 2
12	陽子ビーム入射部遮蔽	62,971	12,594	-26,646	4.20	0.84	-1.78	150W × 50t × 2
13	陽子ビーム入射部遮蔽	48,479	9,696	-29,544	3.23	0.65	-1.97	150W × 50t × 2
14	陽子ビーム入射部遮蔽	37,208	7,442	-31,798	2.48	0.50	-2.12	150W × 50t × 2
15	陽子ビーム入射部遮蔽	25,936	5,187	-34,053	1.73	0.35	-2.27	150W × 50t × 2
16	陽子ビーム入射部遮蔽	14,665	2,933	-36,307	0.98	0.20	-2.42	150W × 50t × 2
17	陽子ビーム入射部遮蔽	13,180	2,636	-36,604	0.88	0.18	-2.44	150W × 50t × 2

表9に示すように遮蔽体の下面取付部に生じる水平力は、地震による水平力と遮蔽体自重および遮蔽体を固定するボルトの締め付け力による摩擦力を考慮した場合、水平力は負の値を示している。実際には、摩擦力は水平力の抗力として発生するものであるから、水平力よりも大きな力になることはなく、水平力=0となる摩擦係数 (<0.2) が存在することを表しており、この程度の地震では水平移動しないものと考えられる。従って、受け部にはせん断力は生じないものと考えられる。(付表3. 1~3. 9参照)

4. ターゲット台車挿入部遮蔽体の検討

4.1 諸 元

(1) 使用条件

ターゲット台車挿入口周辺の遮蔽。

(2) 環境条件

- (a) 温 度 ; 60℃以下
- (b) 圧 力 ; 大気圧
- (c) その他 ; 放射線雰囲気下 (最大 1 MGy/年)

(3) 荷重条件 ;

- (a) 通常時荷重 ; 自重のみ
- (b) 異常時荷重 ;
水平震度 ; 0.25G

(4) その他 ;

- (a) 遮蔽体重量 ; 約 50 トン/個以下
- (b) 遮蔽体比重 ;
 - ・ 鉄 部 ; 7.85g/cm³ (見かけ比重 ; 7.6g/cm³ 以上)
 - ・ コンクリート部 ; 2.30g/cm³ (見かけ比重 ; 2.2g/cm³ 以上)
- (c) 遮蔽体と隣接機器との標準隙間
 - ・ 50 mmを標準隙間とする。

4.2 分割方法の検討

(1) 遮蔽体ブロックサイズの検討

ブロックの分割にあたっては、周辺機器との取り合い、コストと付帯機器の制限から検討を行った。周辺機器との取り合い部分では、特に取付台座およびターゲット台車挿入部ライナーとの取り合いに注意しながら、各ブロックの厚さをできるだけ一様にするにより形状の単純化を計り、さらにブロック点数を可能な限り削減していくことが、製作費、据付費等のコスト面から有利であると考え、クレーン容量 ; 50 トンに配慮しながらブロック点数の低減を計った。

(2) ブロックの主要寸法

表 10 ブロックの主要寸法

No.	名 称	外径	内径	高さ	重量
		Do mm	Di mm	H mm	$W=\rho AH$ kgf
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	48,481
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	39,596
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	23,954
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	40,974
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	40,974
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	4,960
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	44,012
合 計				5,270	242,950

4.3 圧縮量の算出

ターゲット台車挿入部遮蔽体の自重による圧縮量の計算結果をまとめたものを表 11 に示す。圧縮応力ならびに圧縮量は、十分小さく、問題ないものと考えられる。

(付表 1 参照)

表 11 ターゲット台車挿入部遮蔽体の自重による圧縮量

No.	名 称	受圧面積	圧縮応力	Young 率	圧縮量
		(下面)	σ_c	E	ΔH
		S mm ²	W_L/S kg/mm ²	kg/mm ²	$\sigma_c H/E$ mm
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	1,372,305	0.09	21,000	0.012
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	1,299,646	0.09	0	0.012
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	8,030,100	0.02	0	0.000
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	8,030,100	0.02	0	0.001
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	8,030,100	0.01	0	0.000
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	8,625,600	0.01	1,800	0.001
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	8,625,600	0.01	0	0.000
合 計					0.025

4.4 地震時、転倒モーメントの検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、ターゲット台車挿入部遮蔽体が転倒するかどうかについて検討した結果を表 12 に示す。

表 12 ターゲット台車挿入部遮蔽体の地震時転倒モーメント (0.25G)
(支点から重心までの距離； $x = 1,473\text{mm}$)

No.	名 称	外径	内径	高さ	載荷重量	図心 (下面基準)	水平震度 G	転倒モーメント
		Do	Di	H		y		($x-Gy$)W
		mm	mm	mm	kgf	mm		kgf·mm
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	125,918	1,345.0	0.25	5.51E+07
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	117,032	1,345.0		4.50E+07
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	154,873	2,880.0		1.80E+07
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	130,919	3,395.0		2.56E+07
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	89,945	4,045.0		1.89E+07
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	48,972	4,495.0		1.73E+06
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	44,012	4,945.0		1.04E+07
	合 計			5,270				1.75E+08

表 12 に示すようにターゲット台車挿入部遮蔽体の転倒モーメントがそれぞれ $1.75 \times 10^8 \text{kgf} \cdot \text{mm} \geq 0$ であることから これら遮蔽体は 0.25G の地震においては転倒しないものと考えられる。(付表 4. 1~4. 7 参照)

なお、ターゲット台車挿入部遮蔽体全体の重心位置は、

$$\Sigma yW / \Sigma W = 3,014\text{mm}$$

である。

4.5 地震時、水平力の検討

異常時荷重として震度 5.5 (250Gal) 程度の地震が発生した場合に、各遮蔽体の下面取付部において発生する水平力ならびに受け部材に生じるせん断応力の計算結果をまとめたものを表 13 に示す。

本検討においては、取付部に地震による水平力のみが生じた場合、地震による水平力と遮蔽体自重による摩擦力を考慮した場合、さらに遮蔽体を固定するボルトの締め付け力を加算した 3 種類の場合について検討を行った。

なお、軟鋼-軟鋼の乾燥摩擦係数は 0.4 であるが、本計算では余裕をみて 0.2 を採用した。

表 13 に示すように遮蔽体の下面取付部に生じる水平力は、地震による水平力と遮蔽体自重および遮蔽体を固定するボルトの締め付け力による摩擦力を考慮した場合、水平力は負の値を示している。実際には摩擦力は水平力の抗力として発生するものであるから、水平力よりも大きな力になることはなく、水平力=0 となる摩擦係数 (<0.2) が存在することを表しており、この程度の地震では水平移動しないものと考えられる。従って、受け部にはせん断応力は、生じないものと考えられる。
(付表 4. 1~4. 7 参照)

表 13 ターゲット台車挿入部遮蔽体の下面取付部における
地震時水平力及びせん断応力 (0.25G, $\mu=0.2$)

No.	名 称	水平力			せん断応力			受け部
		地震力	地震力 + 摩擦力	地震力 + 摩擦力 + 締結力	地震力	地震力 + 摩擦力	地震力 + 摩擦力 + 締結力	
		kgf	kgf	kgf	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	30,369	6,074	-26,626	7.73	1.55	-6.78	$\phi 50 \times 2$
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	30,369	6,074	-26,626	7.73	1.55	-6.78	$\phi 50 \times 2$
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	38,718	7,744	-96,896	4.93	0.99	-12.34	$\phi 50 \times 2 \times 2$
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	32,730	6,546	-98,094	8.33	1.67	-24.98	$\phi 50 \times 2$
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	22,486	4,497	-100,143	5.73	1.15	-25.50	$\phi 50 \times 2$
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	12,243	2,449	-102,191	3.12	0.62	-26.02	$\phi 50 \times 2$
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	11,003	2,201	-102,439	2.80	0.56	-26.09	$\phi 50 \times 2$

5. 天井遮蔽体の検討

5.1 諸元

(1) 使用条件

中性子源ステーション天井部の遮蔽。

高さ；1100mmのうち、下部400mmが鉄鋼、上部700mmが普通コンクリート。

(2) 環境条件

(a) 温度；60℃以下

(b) 圧力；大気圧

(c) その他；放射線雰囲気下（最大1 MGy/年）

(3) 荷重条件；

(a) 通常時荷重；自重のみ

(b) 異常時荷重；

水平震度；0.25G

(4) その他；

(a) 遮蔽体重量；約70トン/個以下

（輸送時の制約から決定された。）

(b) 遮蔽体比重；

・ 鉄部；7.85g/cm³（見かけ比重；7.6g/cm³以上）

・ コンクリート部；2.30g/cm³（見かけ比重；2.2g/cm³以上）

(c) 天井遮蔽ブロック間標準隙間；20mm

5.2 天井遮蔽体の強度検討

最大スパンの天井遮蔽ブロック（長さ；11.6m×幅；1.18m×高さ；1.1m）に関して

・ 鉄板とコンクリートの複合梁とした場合

・ 鉄板の上にコンクリートが載荷するとした場合

の二ケースについて 自重が等分布荷重でかかる時の最大曲げモーメント、最大曲げ応力、および最大撓み量の計算した結果を表14に示す。

本計算結果によると、鉄板の厚みが十分にあるため強度的には問題ないものと考えられる。最大撓みについては、梁中央部に複合梁で2.14mm、鉄板の単純梁で10.00mmであり、問題にするレベルでないと考えられる。（付表5.1～5.3参照）

但し、鋼材の調達等の関係で下部鋼板を厚さ方向にn枚に分割し、十分な緊締を施さずに各鋼板を単に積み重ねた場合、負担できる曲げモーメントは $1/n$ 、撓み量は、 n^2 倍になり、全体として同じ厚さの鋼板であっても構造の違いによって生じる現象が異なることに注意する必要がある。従って、実際の設計・製作に当たり構造等の変化が生じた場合には、再度見直しを行う必要がある。

表 14 天井遮蔽体の強度検討結果

	幅	高さ	長さ	等分布荷重	断面二次モーメント	最大曲げモーメント	最大曲げ応力(下面)	最大曲げ応力(上面)	最大撓み量
	mm	mm	mm	kgf/mm	mm ⁴	kgf・mm	kgf/mm ²	kgf/mm ²	mm
鉄板とコンクリートの複合梁	1,180	1,100	11,600	5.61	2.94×10^{10}	9.43×10^7	0.89	0.23	2.14
鉄板にコンクリートが載荷	1,180	400	11,600	5.61	6.29×10^9	9.43×10^7	3.00	3.00	10.00

6. まとめ

本報告書では、モンテカルロ計算による遮蔽性能の評価結果に基づき決定された中性子源ステーション遮蔽体に関して、分割方法及び強度面の検討を行った結果、現在提案されている分割方法、構造であれば、異常時荷重として震度 5.5(250Gal)程度の地震が発生しても ・サポートシリンダ内遮蔽体、・ベッセル周り遮蔽体、・陽子ビーム入射部遮蔽体、・ターゲット台車挿入部遮蔽体、・天井遮蔽体 は問題ないものと考えられる。

今後、本中性子源ステーション遮蔽体の詳細設計・製作において、周辺機器との整合性、詳細構造等検討する上において生じるであろう設計変更事項を反映し、最終レビューを行う必要がある。

参考文献

- (1) 前川藤夫、他：「大強度陽子加速器計画における核破砕中性子源のバルク遮蔽に関する検討」, JAERI-Tech 2002-035 (2002年3月).
- (2) 田村昌也、他：「大強度陽子加速器計画における核破砕中性子源の3次元遮蔽設計」, JAERI-Tech (2002年3月出版予定).

This is a blank page.

付録： 遮蔽体の詳細設計計算データ

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| 1. 核破碎中性子源遮蔽体の圧縮応力及び圧縮量の算出 | 付表 1 |
| 2. ベッセル周り遮蔽体の水平力及びせん断応力 | 付表 2.1～2.12 |
| 3. 陽子ビーム入射部遮蔽体の水平力及びせん断応力 | 付表 3.1～3.9 |
| 4. ターゲット台車挿入部遮蔽体の水平力及びせん断応力 | 付表 4.1～4.7 |
| 5. 天井遮蔽体ブロックの強度検討 | 付表 5.1～5.3 |

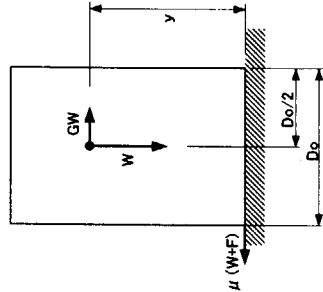
This is a blank page.

付表1. 核破砕中性子源遮蔽体・支持面における圧縮応力および圧縮量の算出

No.	名称	外径		内径	高さ	面積	体積	比重	重量	載荷重量	図心 (個別)	取付面高さ (下面基準)	図心 (下面基準)	受圧面積 (下面)	圧縮応力	Young率	圧縮量
		Do	Di														
		mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	kg/cm ³	kgf	kgf	mm	mm	mm	mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	mm
1	サポートシリンダ内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3.09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	2,544,690	0.00	21000	0.000		
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	607.5	0.0	607.5	4,487,765	0.15	21000	0.009		
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	550.0	1,215.0	1,765.0	5,413,592	0.11		0.006		
4-1	枝管部遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	379.0	2,315.0	2,894.0	5,902,738	0.08		0.003		
4-2	枝管部遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411.516	3,073.0	3,489.0	3,444,177	0.12		0.005		
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5	5,413,592	0.07		0.003	
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0	5,392,921	0.05		0.001	
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0	5,519,778	0.04		0.002	
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,330.0	3,644,026	0.04		0.003	
9-1	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0	4,653,510	0.02		0.000	
9-2	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0	2,387,610	0.02		0.000	
	小計			8,830				684,176									0.032
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	2,665,504	0.13	21000	0.004	
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5	2,665,504	0.11		0.004	
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,894	450.0	1,370.0	1,820.0	2,665,504	0.09		0.004	
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,820.0	2,665,504	0.07		0.002	
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0	2,665,504	0.06		0.002	
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0	2,665,504	0.04		0.001	
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0	2,665,504	0.02		0.000	
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0	3,233,158	0.02		0.001	
	小計			5,270				340,122									0.018
18	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	125,918	1,345.0	0.0	1,345.0	1,372,305	0.09	21000	0.012	
19	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	117,032	1,345.0	0.0	1,345.0	1,299,646	0.09		0.012	
20	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0	8,030,100	0.02		0.000	
21	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0	8,030,100	0.02		0.001	
22	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0	8,030,100	0.01		0.000	
23	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0	8,625,600	0.01		0.000	
24	ターゲット外台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0	8,625,600	0.01		0.000	
	小計			5,270				242,950									0.025

付表2.1 ベッセル周リ遮蔽体の水平力及びせん断応力

No	名称	外径		内径		高さ		面積		体積		比重		重量		重心		取付高さ		円心		各取付部における		水平力		せん断応力		受付部
		Do	Di	H	A	V	ρ	W	W/AH	e=H/2	Y	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	Yc	
1	本体シリンダ内遮蔽	1800	0	1215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07	1.47E+07	8.08E+02	6.08E+07	1,214	1,214	6,088	1,214	1,214	3.24	0.65	0.65	75W×25E×1		
2	鉄管下部遮蔽	4540	2300	1215	120,336	1.48E+07	7.85E-03	114,773	884,176	607.5	0.0	607.5	0.25	2.43E+08	6.97E+07	8.03E+08	171,044	34,209	171,044	34,209	31,191	5.70	1.14	-1.04	300W×50E×2			
3	鉄管下部遮蔽	4540	2300	1100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0	0.25	1.90E+08	1.83E+08	7.33E+08	142,351	28,470	142,351	28,470	36,930	0.32	0.06	-0.08	φ2640×170E			
4-1	鉄管上部遮蔽	4600	3100	758	90,713	6.89E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,315.0	2,684.0	0.25	8.78E+07	1.45E+08	6.39E+08	116,373	23,275	116,373	23,275	42,125	0.09	0.02	-0.03	φ3100×400E			
4-2	鉄管上部遮蔽	4600	3100	832	90,713	7.59E+06	7.85E-03	58,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0	0.25	1.18E+08	2.07E+08	5.98E+08	102,879	20,576	102,879	20,576	31,744	13.10	2.82	-4.04	φ50×4			
5	鉄管上部遮蔽	4540	2200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5	0.25	3.82E+07	2.00E+08	3.89E+08	82,664	12,533	82,664	12,533	52,867	0.11	0.02	-0.06	φ4040×200E			
6	鉄管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0	0.25	3.96E+07	4.60E+08	3.24E+08	52,940	10,588	52,940	10,588	54,812	0.26	0.05	-0.26	φ4508×48E			
7	鉄管上部遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	7,300.0	0.25	1.94E+06	2.84E+08	1.46E+08	19,236	3,847	19,236	3,847	20,004	—	—	-7.47	φ50×2			
8	上部リング遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	42,418	684,176	215.0	8,400.0	8,615.0	0.25	8.03E+08	2.79E+09	4.08E+03	8.28E+07	10,604	2,121	10,604	2,121	—	—	—	—			
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	684,176	215.0	8,400.0	8,615.0	0.25	8.03E+08	2.79E+09	4.08E+03	8.28E+07	10,604	2,121	10,604	2,121	—	—	—	—			
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	684,176	215.0	8,400.0	8,615.0	0.25	8.03E+08	2.79E+09	4.08E+03	8.28E+07	10,604	2,121	10,604	2,121	—	—	—	—			
小計				8,830																								
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25															
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25															
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0	0.25															
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0	0.25															
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0	0.25															
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0	0.25															
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0	0.25															
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0	0.25															
小計				5,270																								
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	125,918	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25															
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	117,032	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25															
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0	0.25															
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,385.0	0.25															
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,385.0	0.25															
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0	0.25															
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0	0.25															
小計				5,270																								



↑ 全体として転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
 ↑ 個別の転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
 ↑ 計算上、負の水平力が生じているが、実際には水平力=0になるような摩擦係数μに収まる。

付表2.2 サポートシリンダ遮蔽体(1)の検討

No.	名称	外径		内径		高さ		面積		体積		比重		重量		線荷重量		重心(偏角)		重心(偏角)		取付面高さ(下面基準)		取付面重心		回転モーメント		回転モーメント		各取付面における		せん断応力				
		Do	mm	Di	mm	H	mm	A	cm ²	V	cm ³	ρ	kg/cm ³	W/AH	kgf	e=H/2	mm	e=H/2	mm	y	mm	ΣyW	kgf・mm	ΣyW	mm	ΣyW/ΣW	mm	Σ((Do/2)-Oy)W	kgf・mm	Σ((Do/2)-Oy)W	kgf・mm	kgf/mm ²				
1	サポートシリンダ内遮蔽	1,800		0	1,215	25,447	3,09E+06	7,85E-03					24,271		607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07	1.47E+07	8.08E+02	807.5	1.82E+07													
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1,48E+07	7,85E-03					114,773	884,176	607.5	0.0	607.5	0.25																			
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1,32E+07	7,85E-03					103,910	569,403	550.0	2,150.0	1,765.0																				
4-1	枝管下部遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6,88E+06	7,85E-03					53,977	465,483	379.0	2,884.0																					
4-2	枝管下部遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7,59E+06	7,85E-03					59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0																				
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1,29E+07	7,85E-03					101,814	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5																				
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4,95E+06	7,85E-03					38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0																				
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9,81E+06	7,85E-03					76,988	211,760	630.0	5,950.0	5,980.0																				
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7,37E+06	7,85E-03					57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,300.0																				
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4,40E+06	7,85E-03					34,528	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0																				
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5,40E+06	7,85E-03					42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0																				
	小計				8,930							884,176																								
10	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5,62E+06	7,85E-03					44,119	340,122	342.5	685.0	1,027.5																				
11	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5,62E+06	7,85E-03					44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5																				
12	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7,36E+06	7,85E-03					57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0																				
13	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5,74E+06	7,85E-03					45,095	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0																				
14	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5,74E+06	7,85E-03					45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0																				
15	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5,74E+06	7,85E-03					45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0																				
16	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2,58E+06	2,30E-03					5,841	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0																				
17	隅子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6,72E+06	7,85E-03					52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0																				
	小計				5,270							340,122																								
18	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6,18E+06	7,85E-03					48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0																				
19	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5,04E+06	7,85E-03					39,596	184,468	1,345.0	0.0	1,345.0																				
20	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3,05E+06	7,85E-03					23,954	154,873	190.0	2,890.0	2,890.0																				
21	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5,22E+06	7,85E-03					40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0																				
22	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5,22E+06	7,85E-03					40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0																				
23	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2,16E+06	2,30E-03					4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0																				
24	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5,61E+06	7,85E-03					44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0																				
	小計				5,270							242,950																								

付表2.3 枝管下部遮蔽体(2)の検討

No.	名称	外径		内径	高さ	面積	体積	比重	重量	線荷重量	図心 (e=H/2)	取付高さ (下面基準)		図心 y	水平位置	回転モーメント (Ox/Oy/Oz)	ΣYW kgf・mm	図心 ΣXW/ΣW	取付面～ 重心 y	各取付面における 回転モーメント Σ(Ox/Oy/Oz)	水圧力	せん断応力
		Do	Di									mm	mm									
1	支柱1/2寸分内遮蔽	1,800	0	1,215	23,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25	1,82E+07									
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,900	1,215	120,336	1.48E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5	0.25	2.43E+08	6.97E+07				607.5	8.03E+08	171,044		地震時水圧力(除く塵埃力・線荷力)
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,900	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	1,215.0	1,765.0		1.90E+08	1.83E+08				1,765.0			300W×50x×2	
4-1	枝管上部遮蔽	4,800	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	485,493	379.0	2,694.0		8.78E+07	1.45E+08				2,694.0				
4-2	枝管上部遮蔽	4,800	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	415,516	416.0	3,073.0		8.46E+07	2.07E+08				3,489.0				除く塵埃力、含む、線荷力
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	922.5	3,905.0		1.18E+08	4.50E+08				4,427.5				34,209
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0		3.82E+07	2.00E+08				5,150.0				μ = 0.2
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0		3.96E+07	4.80E+08				5,980.0				(取付、取巻の乾燥摩擦係数、μ = 0.4)
8	上設置上部遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0		9.69E+06	4.24E+08				7,330.0				含む、塵埃力・線荷力
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,864	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0		-1.94E+06	2.84E+08				8,225.0				-31,191
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,864	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0		-8.52E+06	3.65E+08				8,615.0				線荷力: 3.14×M30×10(線荷力: 32.700kgf×10)
	小計			8,830				684,176										4,08E+03				
10	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	342.5	0.25										
11	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0											
12	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0											
13	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0											
14	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0											
15	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0											
16	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.59E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0											
17	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,820.0											
	小計			5,270				340,122														
18	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.19E+06	7.85E-03	48,481	242,850	1,345.0	0.0											
19	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0											
20	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0											
21	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0											
22	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0											
23	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,872	125.0	4,370.0											
24	ターボ台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,820.0											
	小計			5,270				242,950														

地震時水圧力は、遮蔽体2の上端遮蔽体重量及び遮蔽体2を下部遮蔽体に固定する線荷力による
 塵埃力よりも小さいため、遮蔽体2は体方向へ移動することはない。
 従って、二つ割の遮蔽体を一体のリング状に形成する鋼線ボルト(M30×4×2,SCM435)については、
 遮蔽体2単体に生じる地震時水圧力がボルト軸方向に作用する場合の引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma_p = 28.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

ボルトに作用する引張応力: σ_p は、
 $\sigma_p = F / (S \cdot n) = 3.32 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_p$ なののでOK.

地震時水圧力: $F = GW/2 = 14,347 \text{ kgf}$
 ボルト断面面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 8$

付表2.4 枝管下部遮蔽体(3)の検討

No.	名称	外径		内径	高さ	面積	体積	比重	重量	静荷重	重心 (離れ)	取付面高さ (下面基準)		重心 y	水平変位 G	転倒モーメント (Do/2-Sy)/W	取付面～ 各取付面における 転倒モーメント Σ(Do/2-Sy)W	重心 ΣyW/ΣW	せん断応力	水圧力
		Do	Di									e=H/2	y							
1	支柱-リング内遮蔽	1,800		0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271		607.5	0.0	607.5	0.25	1,82E+07					
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300		1,215	120,336	1,49E+07	7.85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5	0.25	2,43E+08	6,97E+07				
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300		1,100	120,336	1,32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0		1,90E+08	1,83E+08	7,33E+08			
4-1	枝管上部遮蔽	4,600	3,100		758	90,713	8,88E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,315.0	2,684.0		8,78E+07	1,45E+08	1,479.0			
4-2	枝管上部遮蔽	4,600	3,100		832	90,713	7,55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0		8,46E+07	2,07E+08	2,274.0			
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200		1,045	123,870	1,29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5		1,18E+08	4,50E+08	3,212.5			
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200		400	123,870	4,95E+06	7.85E-03	36,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0		3,82E+07	2,00E+08	3,935.0			
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500		1,260	77,836	9,81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	3,530.0	5,980.0		3,96E+07	4,60E+08	4,765.0			
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080		1,440	51,158	7,37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,390.0		9,89E+06	4,24E+08	6,115.0			
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4,40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0		-1,94E+06	2,84E+08	7,010.0				
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	450	125,664	5,40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0		-8,52E+06	3,65E+08	7,400.0				
	小計				8,830			684,176							8,03E+08	2,79E+09	4,08E+03			
10	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		685	82,048	5,62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25						
11	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		685	82,048	5,62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5							
12	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		900	82,048	7,38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0							
13	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		700	82,048	5,74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0							
14	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		700	82,048	5,74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0							
15	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640		700	82,048	5,74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0							
16	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100		250	103,321	2,98E+06	2.30E-03	5,941	56,660	125.0	4,370.0	4,495.0							
17	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100		650	103,321	6,72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0							
	小計				5,270			340,122												
18	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,640		2,690	22,959	6,18E+06	7.85E-03	46,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25						
19	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,640		2,690	18,751	5,04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0							
20	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,640		380	80,301	3,05E+06	7.85E-03	23,984	154,673	190.0	2,690.0	2,880.0							
21	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,640		650	80,301	5,22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0							
22	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,640		650	80,301	5,22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0							
23	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,100		250	86,256	2,16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0							
24	ターゲト台車挿入部遮蔽	9,440	4,100		650	86,256	5,61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0							
	小計				5,270			242,950												

地盤防水圧力は、遮蔽体3の上側遮蔽体重量及び遮蔽体3を下側遮蔽体に固定する締結力による
 摩擦係数よりも小さいため、遮蔽体3は横方向へ移動することはない。
 従って、二つ割の遮蔽体を一体のリング状に形成する締結ボルト(M30×3×2,SCM435)については、
 遮蔽体3本体に生じる地盤防水圧力がボルト軸方向に作用する場合は引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma = 26.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

ボルトに作用する引張応力: σ_B は、
 $\sigma_B = F/(S \cdot n) = 4.01 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a$ なののでOK

地盤防水圧力: $F = GW/2 = 12,989 \text{ kgf}$
 ボルト断面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 6$

付表2.5 枝管部遮蔽体(4-1)の検討

No	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) mm	圆心 y mm	水平変位 G mm	転倒モーメント (0.5・Z・G ₀ /W) kgf・mm	ΣyW kgf・mm	圆心 (下面基準) ΣyW/ΣW mm	取付面～ 圆心 y mm	各取付面における 転倒モーメント Σ(0.5・Z・G ₀ /W) kgf・mm	水平力 kgf	せん断応力 kgf/mm ²
1	パイプ内径	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25	1,82E+07						
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	607.5	0.0	607.5	0.25	2.43E+08	6.97E+07					
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	568,403	1,215.0	1,765.0		1.90E+08	1.83E+08					
4-1	枝管部遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	59,977	465,493	379.0	2,684.0		8.78E+07	1.45E+08	379.0		6.39E+08	0.09	
4-2	枝管部遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0		8.46E+07	2.07E+08	1,174.0				
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,289	522.5	3,905.0		1.18E+08	4.50E+08	2,112.5				
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0		3.82E+07	2.00E+08	2,835.0				
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0		3.96E+07	4.60E+08	3,685.0				
8	上部リング遮蔽	4,000	0	350	125,864	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0		-1.94E+08	2.84E+08	5,910.0				
9-1	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,864	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0		-6.52E+06	3.65E+08	6,300.0				
9-2	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	8,830				684,176											
小計																			
10	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	665	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	3,425	0.25							
11	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	665	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0								
12	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.98E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,820.0								
13	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0								
14	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0								
15	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0								
16	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,495.0								
17	障子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	8.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0								
小計																			
18	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	1,345.0	0.25							
19	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	1,345.0								
20	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,680.0								
21	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0								
22	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,700.0								
23	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,495.0								
24	ターゲ台車導入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0								
小計																			

地震時水平力は、遮蔽体4-1の上部遮蔽体重量及び下部遮蔽体重量及び下部遮蔽体に固定する締結力による
 震動力より小さいため、遮蔽体4-1は構方向へ移動することはない。
 従って、二つ割の遮蔽体を一体のリング状に形成する締結ボルト(M30×1×2.SCM435)については、
 遮蔽体4-1構体を生じる地震時水平力がボルト軸方向に作用する場合は引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma_a = 28.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。
 ボルトに作用する引張応力: σ_a は、
 $\sigma_a = F/(S \cdot n) = 6.25 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a$ なのDOK
 地震時水平力: $F = GW/2 = 6,747 \text{ kgf}$
 ボルト断面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 2$

付表2.6 枝管部遮蔽体(4-2)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kg	重心 (座標) e=H/2 mm	取付高さ (下面基準) mm	重心 (下面基準) Y mm	水平位置 G mm	転倒モーメント (00b/2-Qy)W kgf·mm	取付面～ 転倒モーメント 重心 ΣYH/ΣW mm	各取付部における 転倒モーメント Σ(00b/2-Qy)W kgf·mm	水平力 kgf	せん断応力 kgf/mm ²	
1	7本-17インチ内遮蔽体	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07					
2	枝管下部遮蔽体	4,540	2,300	1,215	120,336	1.48E+07	7.85E-03	114,773	607.5	0.0	607.5	0.25	2.43E+08	6.97E+07				
3	枝管下部遮蔽体	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	590.0	1,215.0	1,765.0		1.90E+08	1.83E+08				
4-1	枝管側遮蔽体	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465.493	379.0	2,684.0		8.78E+07	1.45E+08				
4-2	枝管側遮蔽体	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411.516	416.0	3,469.0		8.48E+07	2.07E+08	416.0	5.96E+08	13.10	
5	枝管上部遮蔽体	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352.269	3,905.0	4,427.5		1.18E+08	4.50E+08	1,354.5	6.50×4		
6	枝管上部遮蔽体	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	200.0	4,950.0	5,150.0		3.82E+07	2.00E+08	2,077.0			
7	枝管上部遮蔽体	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,888	211.760	630.0	5,950.0		3.96E+07	4.60E+08	2,907.0			
8	枝管上部遮蔽体	4,000	3,060	1,440	51,156	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134.773	720.0	6,610.0		9.68E+06	4.24E+08	4,237.0		2.62	
9-1	ベントリ上部遮蔽体	4,000	0	350	125,684	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76.844	175.0	8,050.0		-1.94E+06	2.84E+08	5,152.0		μ = 0.2	
9-2	ベントリ上部遮蔽体	4,000	0	430	125,684	5.40E+06	7.85E-03	42,418	215.0	8,400.0	8,015.0		-6.52E+06	3.65E+08	5,542.0		(取付部)の乾燥摩擦係数: μ = 0.4	
	小計			8,630				684,176										
10	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340.122	0.0	342.5	0.25						
11	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	298.003	342.5	685.0							
12	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	900	82,048	7.39E+06	7.85E-03	57,897	251.884	450.0	1,370.0							
13	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193.917	350.0	2,270.0							
14	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148.631	350.0	2,970.0							
15	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103.746	350.0	3,670.0							
16	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.90E-03	5,841	58.660	125.0	4,370.0							
17	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	325.0	4,820.0	4,845.0							
	小計			5,270				340,122										
18	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242.950	1,345.0	0.0							
19	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,598	194.468	1,345.0	0.0							
20	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	190.0	2,890.0	2,890.0							
21	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	325.0	3,070.0	3,395.0							
22	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89.945	325.0	3,720.0							
23	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.90E-03	4,990	48.972	125.0	4,370.0							
24	9-1外管貫入部遮蔽体	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	325.0	4,820.0	4,845.0							
	小計			5,270				242,950										

地震時水平力は、遮蔽体4-2の上部遮蔽体重量及び下部遮蔽体に固定する締結力による
 震源力よりも小さいため、遮蔽体4-2は機方向へ移動することはない。
 従って、二つ箇の遮蔽体を一体のリング状に形成する締結ボルト(M30×1×2.SCH435)については、
 遮蔽体4-2本体に生じる地震時水平力がボルト軸方向に作用する場合の引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma_a = 26.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

ボルトに作用する引張応力: σ_a は、
 $\sigma_a = F/(S \cdot n) = 6.86 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a$ なのでOK.

地震時水平力: $F = QW/2 = 7,406 \text{ kgf}$
 ボルト断面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 2$

付表2.7 枝管上部遮蔽体(5)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	重心 (座標) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) y mm	取付面高さ (下面基準) Y mm	水平距離 G mm	反傾モーメント (Dx/2-Oy)/W kgf・mm	ΣYW kgf・mm	ΣYW/ΣW mm	重心 y mm	取付面～ 重心 y mm	各取付面における 反傾モーメント Σ(Dx/2-Oy)/W kgf・mm	水平力 kgf	せん断応力 kgf/mm ²
1	9本・リング内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07								
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.49E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5	0.25	2.43E+08	6.97E+07							
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	588,403	1,215.0	1,765.0		1.90E+08	1.83E+08							
4-1	枝管部遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.89E+06	7.85E-03	53,977	485,493	379.0	2,315.0		8.79E+07	1.45E+08							
4-2	枝管部遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0		8.48E+07	2.07E+08							
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,300	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0		1.18E+08	4.50E+08			522.5	5.41E+08	98,067		
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,300	1,260	123,870	1.49E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0		3.82E+07	2.00E+08			1,245.0				
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,980	1,440	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,980.0		3.96E+07	4.90E+08			2,075.0				
8	枝管上部遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,810.0		9.69E+06	4.24E+08			3,425.0				
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,684	4.40E+06	7.85E-03	34,326	76,944	175.0	8,050.0		-1.94E+06	2.84E+08			4,320.0				
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,684	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0		-6.52E+06	3.65E+08			4,710.0				
	小計			8,830				684,176													
10	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	0.25									
11	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	885.0										
12	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.39E+06	7.85E-03	57,987	251,884	450.0	1,370.0										
13	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0										
14	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0										
15	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,748	350.0	3,670.0										
16	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.59E+06	2.90E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0										
17	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0										
	小計			5,270				340,122													
18	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.19E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25								
19	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0									
20	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0										
21	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0										
22	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,640	850	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0										
23	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.19E+06	2.90E-03	4,980	48,972	125.0	4,370.0										
24	9ヶ台外台車導入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0										
	小計			5,270				242,950													

地盤時水平力は、遮蔽体5の上部遮蔽体重量及び遮蔽体5を下部遮蔽体に固定する締結力による
 摩滅力よりも小さいため、遮蔽体5は構方向へ移動することはない。
 従って、二つの遮蔽体5を一体化のリング状に形成する締結ボルト(M30×3×2.SCM435)については、
 遮蔽体5単体にはじめる地盤時水平力がボルト軸方向に作用する場合は引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma_a = 26.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

ボルトに作用する引張応力: σ_B は、

$$\sigma_B = F / (S \cdot n) = 3.92 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a \text{ なのてOK}$$
 地盤時水平力: $F = GW/2 = 12,702 \text{ kgf}$
 ボルト断面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 6$

付表2.8 枝管上部遮蔽体(6)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	重心 (座標) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) y mm	中心 (下面基準) ΣyW/ΣW mm	取付面～ 重心 Σ(y ² W)/ΣW mm	各取付面における 転倒モーメント Σ(Do/2)・Gy/W kgf・mm	水平力 kgf	せん断力 kgf/mm ²
1	本体-シールド内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	1.82E+07			
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,338	1.48E+07	7.85E-03	114,773	607.5	0.0	607.5	2.43E+08			
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,338	1.32E+07	7.85E-03	103,910	589,403	1,215.0	1,785.0	1.90E+08			
4-1	枝管下部遮蔽	4,800	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,694.0	8.78E+07			
4-2	枝管下部遮蔽	4,800	3,100	832	90,713	7.58E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,489.0	8.48E+07			
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,805.0	1.19E+08			
6	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,980.0	3.96E+07			
7	枝管上部遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	9.89E+06			
8	上部リング遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	-1.94E+08			
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	-6.52E+06			
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	830				684,176				8.03E+08			
小計															
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	885	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	342.5	0.25			
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	885	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5			
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.39E+06	7.85E-03	57,867	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0			
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,820.0			
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0			
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0			
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,860	125.0	4,370.0	4,495.0			
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,820.0	4,945.0			
小計															
18	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	1,345.0	0.25			
19	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	1,345.0				
20	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,890.0	2,890.0			
21	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0			
22	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0			
23	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.18E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0			
24	ターボ外筒貫入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.81E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,820.0	4,945.0			
小計															

地震時水平力は、遮蔽体6の上部遮蔽体重量及び遮蔽体8を下部遮蔽体に固定する締結力による
 感力よりも小さいため、遮蔽体8は横方向へ移動することはない。
 従って、二つの遮蔽体を一体のリング状に形成する締結ボルト(M30×2×2.SCM435)については、
 遮蔽体2裏面に生じる地震時水平力がボルト軸方向に作用する場合は引張応力について検討する。
 本時の許容応力:σ_a= 26.5 kgf/mm²とする。

ボルトに作用する引張応力:σ_aは、

$$\sigma_a = F / (S \cdot n) = 2.25 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a \text{ なのでOK.}$$

 地震時水平力: F=CW/2= 4,862 kgf
 ボルト断面積: S= 539.6 mm²
 ボルト本数: n= 4

付表2.9 枝管上部遮蔽体(7)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	重量 kgf	重心 (個別) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) y mm	重心 (下面基準) ΣyW/ΣW mm	取付面～ 各取付面における 距離e-1/2 mm	水平力 kgf/mm	せん断応力 kgf/mm ²
1	本体・シールド内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,08E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	1.82E+07			
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5	2.43E+08	6.97E+07		
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	589,403	1,215.0	1,765.0	1.90E+08	1.83E+08		
4-1	枝管側遮蔽	4,800	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,877	465,493	379.0	2,315.0	8.78E+07	1.45E+08		
4-2	枝管側遮蔽	4,800	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	8.46E+07	2.07E+08		
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.28E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	1.18E+08	4.50E+08		
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	3.82E+07	2.00E+08		
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	3.98E+07	4.60E+08		
8	上部リング遮蔽	4,000	3,090	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	9.69E+06	4.24E+08		
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,528	76,944	175.0	8,050.0	-1.94E+06	2.84E+08		
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	-6.52E+06	3.85E+08		
小計				8,830				684,176							
10	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	665	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	342.5				
11	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0				
12	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0				
13	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0				
14	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0				
15	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0				
16	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0				
17	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0				
小計				5,270				340,122							
18	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0			
19	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0			
20	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,994	154,873	190.0	2,680.0				
21	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0				
22	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0				
23	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.18E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0				
24	クワク台草摺入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0				
小計				5,270				242,950							

地震時水平力は、遮蔽体7の上部遮蔽体重量及び遮蔽体7を下部遮蔽体に固定する締結力による
 締結力よりも小さいため、遮蔽体7は横方向へ移動することはない。
 従って、二つ割の遮蔽体を一体のリング状に形成する締結ボルト(M30×4×2.SCM435)については、
 遮蔽体2本体に生じる地震時水平力がボルト断面積方向に作用する場合の引張応力について検討する。
 ボルトの許容応力: $\sigma_a = 26.5 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

ボルトに作用する引張応力: σ_a は、

$$\sigma_a = F/(S \cdot n) = 2.23 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_a \text{ なののでOK.}$$

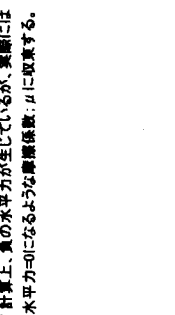
地震時水平力: $F = GW/2 = 9,623 \text{ kgf}$
 ボルト断面積: $S = 539.6 \text{ mm}^2$
 ボルト本数: $n = 8$

付表2.11 ベッセル上部遮蔽体(9-1)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	質量 e=H/2 mm	重心 取付面高さ (下面基準) y mm	水平変位 G —	転倒モーメント (0.0z/ρ-gy/W) kgf·mm	重心 取付面～ 重心 ΣYH/ΣW mm	転倒モーメント Σ(Doz/ρ-gy/W) kgf·mm	せん断応力 水平力 kgf
1	外胴-トング内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	0.25	1.82E+07			
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.48E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	0.25	2.43E+08	6.97E+07		
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	1,215.0		1.90E+08	1.83E+08		
4-1	枝管側遮蔽	4,600	3,100	788	90,713	6.88E+06	7.85E-03	59,977	465,493	379.0		8.78E+07	1.49E+08		
4-2	枝管側遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.59E+06	7.85E-03	59,247	411,516	418.0		8.46E+07	2.07E+08		
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5		1.18E+08	4.50E+08		
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0		3.82E+07	2.00E+08		
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,200	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0		3.96E+07	4.80E+08		
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0		9.89E+06	4.24E+08		
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0		-1.94E+06	2.84E+08		
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0		-6.52E+06	3.65E+08		
	小計			8,830				684,176					4,08E+03		
10	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5					
11	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5					
12	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0					
13	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	193,917	350.0					
14	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	148,831	350.0					
15	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	103,746	350.0					
16	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0					
17	筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	92,720	52,720	325.0					
	小計			5,270				340,122							
18	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	2,890	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0					
19	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	2,890	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0					
20	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0					
21	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0					
22	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0					
23	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.18E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0					
24	ターゲ台草摺入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0					
	小計			5,270				242,950							

付表3.1 陽子ビーム入射部遮蔽体の水平力及びせん断応力

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	重心 e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) Y mm	圆心 (個別) e=H/2 mm	水平断面転倒モーメント (下面基準) Σ(y-W) kgf・mm	圆心 (下面基準) ΣyW/ΣW mm	水平力		せん断応力		受作部					
														地盤力 + 摩擦係力 + 締結力 kgf	地盤力 + 摩擦係力 + 締結力 kgf	地盤力 + 摩擦係力 + 締結力 kgf/mm ²	地盤力 + 摩擦係力 + 締結力 kgf/mm ²						
1	枠・トング内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	807.5	0.0	607.5	0.25											
2	柱管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5	0.25											
3	柱管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	1,215.0	1,765.0												
4-1	柱管側遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	463,483	2,315.0	2,694.0												
4-2	柱管側遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,518	3,073.0	3,489.0												
5	柱管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5											
6	柱管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0											
7	柱管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0											
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,330.0											
9-1	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0											
9-2	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0											
小計																							
												支点から重心までのX方向距離=		1455 mm									
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25	6.04E+07	1.51E+07	2.69E+08	85.031	17,006	-22,234	21.65	4.33	-5.66	φ50×2
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5		5.28E+07	4.63E+07	2.60E+08	74.001	14,800	-24,440	18.84	3.77	-6.22	φ50×2
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0		5.80E+07	1.05E+08	2.42E+08	62.971	12,584	-26,646	16.04	3.21	-6.79	φ50×2
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0		3.61E+07	1.18E+08	2.08E+08	48.479	9,696	-29,544	12.35	2.47	-7.52	φ50×2
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0		2.82E+07	1.90E+08	1.79E+08	37,208	7,442	-31,798	9.47	1.88	-8.10	φ50×2
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0		2.03E+07	1.81E+08	1.29E+08	25,936	5,187	-34,053	6.80	1.32	-8.67	φ50×2
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0		1.97E+06	2.07E+07	7.70E+07	14,665	2,933	-36,307	3.73	0.75	-9.25	φ50×2
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0		1.16E+07	2.81E+08	7.24E+07	13,180	2,638	-36,604	3.36	0.67	-9.32	φ50×2
小計																							
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25	2.69E+08	9.02E+08	2.69E+08	2.69E+03	17,006	-22,234	21.65	4.33	-5.66	φ50×2
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,488	1,345.0	0.0	1,345.0		6.04E+07	1.51E+07	2.69E+08	85.031	17,006	-22,234	21.65	4.33	-5.66	φ50×2
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0		5.28E+07	4.63E+07	2.60E+08	74.001	14,800	-24,440	18.84	3.77	-6.22	φ50×2
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0		3.61E+07	1.18E+08	2.08E+08	48.479	9,696	-29,544	12.35	2.47	-7.52	φ50×2
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0		2.82E+07	1.90E+08	1.79E+08	37,208	7,442	-31,798	9.47	1.88	-8.10	φ50×2
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0		1.97E+06	2.07E+07	7.70E+07	14,665	2,933	-36,307	3.73	0.75	-9.25	φ50×2
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0		1.16E+07	2.81E+08	7.24E+07	13,180	2,638	-36,604	3.36	0.67	-9.32	φ50×2
小計																							



↑ 全体として転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
↑ 個別の転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
↑ 計算上、真の水平力が生じているが、実際には水平力=0になるような摩擦係数μに取替する。

付表3.2 陽子ビーム遮蔽体(10)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	重心 (座標) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) mm		重心 Y mm	水平変位 G -	回転モーメント (x-Gy)/W kgf・mm	重心 ΣyW/ΣW mm	取付面~ 重心 Σy mm	各取付面における 回転モーメント Σ(x-Gy)W kgf・mm	水平力 kgf	せん断力 kgf/mm ²	せん断力 kgf/mm ²
											取付面高さ (上面基準) mm	取付面高さ (下面基準) mm									
1	ワークトップの内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3.09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07								
2	支柱下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5	0.25								
3	支柱下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0									
4-1	支柱部遮蔽	4,800	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	485,493	378.0	2,315.0	2,694.0									
4-2	支柱部遮蔽	4,800	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	418.0	3,073.0	3,489.0									
5	支柱上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,814	352,288	522.5	3,905.0	4,427.5									
6	支柱上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0									
7	支柱上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,780	630.0	5,350.0	5,980.0									
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,330.0									
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0									
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0									
小計																					
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25	6.04E+07	1.51E+07	1,455	342.5	2.69E+08	85,031	5.67	21.85
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	298,003	342.5	685.0	1,027.5		5.29E+07	4.53E+07	1,027.5	1,027.5	150W × 50 × 2	150W × 50 × 2	5.67	21.85
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,684	450.0	1,370.0	1,820.0		5.80E+07	1.05E+08	1,820.0	1,820.0				
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0		3.61E+07	1.18E+08	2,620.0	2,620.0				
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0		2.82E+07	1.50E+08	3,320.0	3,320.0				
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0		2.03E+07	1.81E+08	4,020.0	4,020.0				
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,485.0		1.97E+06	2.87E+07	4,485.0	4,485.0				
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,820.0	4,945.0		1.16E+07	2.01E+08	4,945.0	4,945.0				
小計																					
18	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25								
19	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0									
20	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0									
21	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0									
22	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0									
23	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,485.0									
24	ターレット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,820.0	4,945.0									
小計																					
支線から重心までの方向距離: X = 1455 mm 除く線荷重量: 線荷重量 6.04E+07 1.51E+07 342.5 342.5 2.69E+08 85.031 5.67 21.85 5.29E+07 4.53E+07 1,027.5 1,027.5 150W × 50 × 2 150W × 50 × 2 5.67 21.85 5.80E+07 1.05E+08 1,820.0 1,820.0 除く線荷重量, 重心荷重量 3.61E+07 1.18E+08 2,620.0 2,620.0 17,006 1.13 4.33 2.82E+07 1.50E+08 3,320.0 3,320.0 μ = 0.2 2.03E+07 1.81E+08 4,020.0 4,020.0 (軟鋼) 軟鋼のねじ線荷重量係数: μ = 0.4 1.97E+06 2.87E+07 4,485.0 4,485.0 含む, 線荷重量, 線荷重量 1.16E+07 2.01E+08 4,945.0 4,945.0 線荷重量, 線荷重量 2.69E+08 9.02E+08 2.65E+03 2.65E+03 線荷重量, 線荷重量 × 6 (線荷重量: 32,700 kgf × 6)																					

付表3.3 陽子ビーム入射部遮蔽体(11)の検討

No.	名称	外径		内径	高さ	面積	体積		比重	重量	線荷重量	重心 (座標)	取付面高さ (下面基準)		重心 (下面基準)	重心 (下面基準)	取付面 重心	取付面 重心	各取付面における 距離z-G以外	せん断応力	せん断応力
		Do	Di				A	V					e-H/2	mm							
1	1/4インチ径内遮蔽体	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7,85E-03		24,271		607.5	0.0	607.5						1.82E+07		
2	枝管下部遮蔽体	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7,85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5						0.25			
3	枝管下部遮蔽体	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7,85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0									
4-1	枝管側遮蔽体	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7,85E-03	53,977	465,493	378.0	2,315.0	2,894.0									
4-2	枝管側遮蔽体	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7,85E-03	59,247	411,516	418.0	3,073.0	3,489.0									
5	枝管上部遮蔽体	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7,85E-03	101,814	352,289	522.5	3,905.0	4,427.5									
6	枝管上部遮蔽体	4,540	2,200	400	123,870	4.85E+06	7,85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0									
7	枝管上部遮蔽体	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7,85E-03	76,988	211,780	690.0	5,350.0	5,980.0									
8	上部リング遮蔽体	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7,85E-03	57,829	134,773	720.0	8,610.0	7,330.0									
9-1	ベッセル上部遮蔽体	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7,85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0									
9-2	ベッセル上部遮蔽体	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7,85E-03	42,418	84,176	215.0	8,400.0	8,615.0									
小計					8,830				684,176												
10 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7,85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5									
11 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7,85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5									
12 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7,85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0									
13 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7,85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0									
14 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7,85E-03	45,085	103,746	350.0	2,970.0	4,020.0									
15 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2,30E-03	5,941	58,860	125.0	4,370.0	4,495.0									
16 陽子ビーム入射部遮蔽体		9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7,85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0									
小計					5,270			340,122													
18 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7,85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0									
19 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7,85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0									
20 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7,85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,890.0									
21 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7,85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,385.0									
22 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7,85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0									
23 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,100	250	88,256	2.16E+06	2,30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0									
24 ターゲット台車挿入部遮蔽体		9,440	4,100	650	88,256	5.81E+06	7,85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0									
小計					5,270			242,950													

付表3.5 陽子ビーム入射部遮蔽体(13)の検討

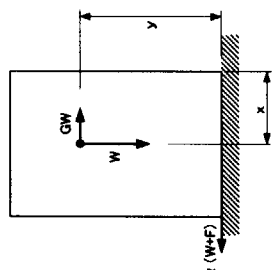
No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	図心 (側面) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準) y mm	図心 (下面基準) Y mm	取付面～ 図心 距離 Y mm	各取付面における 転倒モーメント Σ(x-Gy)/W kgf/mm	水平力 kgf	せん断応力 せん断応力 kgf/mm ²	せん断応力 kgf/mm ²
1	球-トング内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,08E+06	7.85E-03	24,271	607.5	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07			
2	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	884,176	607.5	0.0	607.5	0.25				
3	枝管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0					
4-1	枝管側遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,315.0	2,694.0					
4-2	枝管側遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0					
5	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5					
6	枝管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0					
7	枝管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0					
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,330.0					
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0					
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0					
小計				8,630				884,176									
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25	6.04E+07	1.51E+07		
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5		5.28E+07	4.53E+07		
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0		5.80E+07	1.05E+08	除く、磨擦力、締結力	
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0		3.61E+07	1.18E+08	48,479	3.23
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0		2.82E+07	1.50E+08	150W×50×2	φ50×2
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0		2.03E+07	1.81E+08		
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+08	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0		1.97E+08	2.67E+07	除く、磨擦力、含む、磨擦力	
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,820.0	4,945.0		1.16E+07	2.81E+08	9,696	0.65
小計				5,270				340,122									
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25				
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0					
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0					
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0					
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0					
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0					
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0					
小計				5,270				242,950									
支点から重心までのX方向距離: x = 1,455 mm 除く、磨擦力、締結力 除く、磨擦力、含む、磨擦力 μ = 0.2 (数値: 数値の乾燥係数 μ = 0.4) 含む、磨擦力、締結力 磨擦力: 8.7M30 × 6 (締付力: 32,700gf × 6)																	

付表3.6 陽子ビーム入射部遮蔽体(14)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e-H/2 kgf	重心 (座標) e-H/2 mm	取付高さ (下面基準) mm	重心 (下面基準) Y mm	水平位置 G mm	低線モード (x-Gy)/W kgf/mm	重心 (下面基準) Σx/W, Σy/W mm	取付面~ 重心 Y mm	各取付面における 総線モード Σ(x-Gy)/W kgf/mm	水平力 kgf	せん断応力 せん断応力 kgf/mm ²	
																				0.25
1	支柱-1/30寸内径遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	607.5	0.0	607.5	1.82E+07							
2	支柱下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5	0.25							
3	支柱下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0								
4-1	支柱側遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,315.0	2,694.0								
4-2	支柱側遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0								
5	支柱上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5								
6	支柱上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0								
7	支柱上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,360.0	5,960.0								
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,828	134,773	720.0	6,810.0	7,330.0								
9-1	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,864	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0								
9-2	ベツセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,864	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0								
小計				8,830				684,176												
式点から重心までのX方向距離: X = 1455 mm																				
10	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25	6.04E+07	1.51E+07					
11	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5		5.29E+07	4.53E+07					
12	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0		5.80E+07	1.05E+08					
13	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0		3.61E+07	1.18E+08					
14	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0		2.82E+07	1.50E+08	350.0	1.73E+08	37,208	2.48	9.47
15	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,065	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0		2.03E+07	1.81E+08	1,050.0		150W × 50R × 2	φ 50 × 2	
16	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0		1.97E+06	2.67E+07	1,525.0				
17	陽子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0		1.16E+07	2.61E+08	1,975.0				
小計				5,270				340,122						2.69E+08	9.02E+08	2.65E+03		7,442	0.50	1.89
μ = 0.2																				
(軟鋼-軟鋼の乾摩摩擦係数: μ = 0.4)																				
重心、線荷力・線荷力																				
線荷力: 本機M30 × 6(線荷力: 32,700kgf × 6)																				
18	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	8.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25							
19	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,598	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0								
20	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,690.0	2,880.0								
21	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0								
22	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,345	325.0	3,720.0	4,045.0								
23	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,980	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0								
24	ターレット台車導入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0								
小計				5,270				242,950												

付表 4. 1 ターゲット台車挿入部遮蔽体の水平力及びびせん断応力

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	質量 W=ρAH kgf	縦荷重量 e=H/2 mm	重心 (座標) mm	取付面高さ (下座標) mm	重心 (下座標) mm	水平重心座標 mm	せん断モーメント		水平力		せん断応力		受け筋
														Σ(x-Gy)/W kgf·mm	Σ(y-Gx)/W kgf·mm	地盤力 + 縦荷力 kgf	地盤力 + 縦荷力 kgf	地盤力 + 縦荷力 kgf/mm ²	地盤力 + 縦荷力 kgf/mm ²	
1	柱-ターゲット内蓋	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	0.25								
2	接管下部蓋	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5	0.25								
3	接管下部蓋	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	589,403	550.0	1,215.0	1,765.0								
4-1	接管部蓋	4,800	3,100	758	90,713	8.88E+06	7.85E-03	53,977	465,483	375.0	2,315.0	2,684.0								
4-2	接管部蓋	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,487.5								
5	接管上部蓋	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,814	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5								
6	接管上部蓋	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0								
7	接管上部蓋	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0								
8	上部リング蓋	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,810.0	7,330.0								
9-1	ベッセル上部蓋	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0								
9-2	ベッセル上部蓋	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0								
	小計			8,830				684,176												
10	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	685	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25							
11	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	685	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5								
12	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0								
13	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0								
14	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0								
15	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0								
16	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,800	125.0	4,370.0	4,495.0								
17	筒子ビーム入射部蓋	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,820.0	4,945.0								
	小計			5,270				340,122												
18	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	125,918	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25							
19	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	117,032	1,345.0	0.0	1,345.0	0.25							
20	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,878	190.0	2,690.0	2,880.0								
21	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0								
22	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0								
23	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0								
24	ターゲット台車挿入部蓋	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,820.0	4,945.0								
	小計			5,270				242,950												



変位から重心までの方向距離, x =	1473 mm	
5.51E+07	6.52E+07	1.75E+08
4.50E+07	5.33E+07	1.75E+08
1.80E+07	6.90E+07	7.47E+07
2.56E+07	1.39E+08	5.67E+07
1.89E+07	1.68E+08	3.11E+07
1.73E+06	2.23E+07	1.22E+07
1.04E+07	2.18E+08	1.04E+07
1.75E+08	7.32E+08	3.01E+09

↑全体として転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
↑個別の転倒モーメントが正であるため、転倒しない。
↑計算上、負の水平力が生じているが、実際には水平力=0になるような摩擦係数, μに収束する。
↑十分小さいので問題ない。

付表4.2 ターゲット台車挿入部遮蔽体(18, 19)の検討

No.	名称	外径 Do mm	内径 Di mm	高さ H mm	面積 A cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	質量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	重心 取付面高さ (下面基準) mm	重心 取付面高さ (下面基準) mm	重心 取付面～ ΣyW/ΣW mm	重心 取付面～ Σ(x-Gy)/W mm	各取付面における 圧縮モーメント Σ(x-Gy)W kgf・mm	せん断応力
1	ターゲット台車挿入部遮蔽体	1,800	0	1,215	25,447	3,09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5			1.82E+07	
2	支柱下部遮蔽体	4,540	2,300	1,215	120,338	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	0.0	607.5			0.25	
3	支柱下部遮蔽体	4,540	2,300	1,100	120,338	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0			
4-1	支柱下部遮蔽体	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	485,493	379.0	2,315.0	2,884.0			
4-2	支柱下部遮蔽体	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	418.0	3,073.0	3,488.0			
5	支柱上部遮蔽体	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,814	352,289	522.5	3,905.0	4,427.5			
6	支柱上部遮蔽体	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,995	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0			
7	支柱上部遮蔽体	4,020	2,500	1,260	77,838	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0			
8	上部リング遮蔽体	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,810.0	7,330.0			
9-1	ベッセル上部遮蔽体	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,328	78,944	175.0	8,050.0	8,225.0			
9-2	ベッセル上部遮蔽体	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	84,000	215.0	8,400.0	8,615.0			
小計															
10	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5			
11	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5			
12	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	900	82,048	7.39E+06	7.85E-03	57,987	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0			
13	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0			
14	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0			
15	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,840	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0			
16	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,680	125.0	4,370.0	4,495.0			
17	筒子ビーム入射部遮蔽体	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0			
小計															
18	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,840	2,890	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0			
19	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,840	2,890	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,488	1,345.0	0.0	1,345.0			
20	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,840	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,673	190.0	2,690.0	2,880.0			
21	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,840	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,385.0			
22	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,840	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0			
23	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,100	250	86,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0			
24	ターゲット台車挿入部遮蔽体	9,440	4,100	650	86,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0			
小計															
支点から重心までのX方向距離: x = 1473 mm 除去線荷重・線荷重 5.51E+07 6.52E+07 1.345.0 30.369 7.73 4.50E+07 5.33E+07 1.345.0 φ50×2 1.80E+07 6.90E+07 2.880.0 2.56E+07 1.39E+08 3.395.0 除去線荷重、重心・線荷重 1.89E+07 1.66E+08 4.045.0 μ = 0.2 1.73E+06 2.23E+07 4.495.0 1.04E+07 2.18E+08 4.945.0 (軟鋼-軟鋼の摩擦係数 μ = 0.4) 1.75E+08 7.32E+08 3.01E+03 除去線荷重・線荷重 -26.626 -6.78 線荷重力: φ50×5(鋼材力: 32.700kgf×5)															

付表4.4 ターゲット台車挿入部遮蔽体(21)の検討

No.	名称	外径 mm	内径 mm	高さ mm	面積 cm ²	体積 cm ³	比重 ρ	質量 kg	重心 e=H/2 mm	重心 (座標)	取付高さ (下照基準) mm	取付面 (下照基準) Y mm	図心 ΣyW/ΣW mm	取付面～ 図心 ΣyW/ΣW mm	各取付面における 総挿入分 Σ(x-Gy)/W kgf/mm	水平力 kgf	せん断応力 kgf/mm ²
1	枠・トリアノ内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3.09E+06	7.85E-03	24,271	607.5	0.0	607.5	1.82E+07					
2	柱管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5					
3	柱管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	550.0	1,215.0	1,765.0					
4-1	柱管側遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465,493	379.0	2,315.0	2,694.0					
4-2	柱管側遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,469.0					
5	柱管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5					
6	柱管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,995	250,655	200.0	4,950.0	5,150.0					
7	柱管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0					
8	上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,198	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,610.0	7,300.0					
9-1	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0					
9-2	ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0					
	小計			8,830				684,176									
10	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5					
11	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.82E+06	7.85E-03	44,119	296,003	342.5	685.0	1,027.5					
12	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,967	251,884	450.0	1,370.0	1,820.0					
13	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0					
14	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0					
15	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0					
16	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	58,660	125.0	4,370.0	4,495.0					
17	原子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0					
	小計			5,270				340,122									
18	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0					
19	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0					
20	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,873	190.0	2,990.0	2,890.0					
21	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0					
22	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0					
23	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	88,256	2.16E+06	2.30E-03	4,960	48,572	125.0	4,370.0	4,495.0					
24	ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	88,256	5.61E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0					
	小計			5,270				242,950									
支店から重心までのX方向距離: X = 1473 mm 0.25 5.51E+07 8.52E+07 4.50E+07 5.33E+07 1.80E+07 6.90E+07 2.56E+07 1.39E+08 1.89E+07 1.66E+08 1.73E+06 2.23E+07 1.04E+07 2.18E+08 1.75E+08 7.32E+08 3.01E+03 μ = 0.2 6.546 1.67 (取組-取組の乾燥係数係数: μ = 0.4) 含む、摩擦力・締結力 -98,094 締結力: M16M30 × 16(締結力: 32,700N) × 18																	

付表4.5 ターゲット台車挿入部遮蔽体(22)の検討

No.	名称	外径 mm	内径 mm	高さ mm	面積 cm ²	体積 V cm ³	比重 ρ kg/cm ³	重量 W=ρAH kgf	線荷重量 e=H/2 mm	重心 (座標) e=H/2 mm	取付面高さ (下面基準)		重心 y mm	重心 ΣyH/ΣW mm	各取付面における 反傾モーメント Σ(x-Gy)/W kgf・mm	水平力 kgf	せん断応力 kgf/mm ²
											取付面高さ mm	取付面幅 mm					
1	1 本体シールド内遮蔽	1,800	0	1,215	25,447	3.09E+08	7.85E-03	24,271	607.5	607.5	0.0	607.5	0.25	1.82E+07			
2	2 挿管下部遮蔽	4,540	2,300	1,215	120,336	1.46E+07	7.85E-03	114,773	684,176	607.5	0.0	607.5	0.25				
3	3 挿管下部遮蔽	4,540	2,300	1,100	120,336	1.32E+07	7.85E-03	103,910	569,403	560.0	1,215.0	1,765.0					
4-1	4-1 挿管挿遮蔽	4,600	3,100	758	90,713	6.88E+06	7.85E-03	53,977	465,483	379.0	2,315.0	2,694.0					
4-2	4-2 挿管挿遮蔽	4,600	3,100	832	90,713	7.55E+06	7.85E-03	59,247	411,516	416.0	3,073.0	3,489.0					
5	5 挿管上部遮蔽	4,540	2,200	1,045	123,870	1.29E+07	7.85E-03	101,614	352,269	522.5	3,905.0	4,427.5					
6	6 挿管上部遮蔽	4,540	2,200	400	123,870	4.95E+06	7.85E-03	38,895	290,655	200.0	4,950.0	5,190.0					
7	7 挿管上部遮蔽	4,020	2,500	1,260	77,836	9.81E+06	7.85E-03	76,988	211,760	630.0	5,350.0	5,980.0					
8	8 上部リング遮蔽	4,000	3,080	1,440	51,158	7.37E+06	7.85E-03	57,829	134,773	720.0	6,810.0	7,390.0					
9-1	9-1 ベッセル上部遮蔽	4,000	0	350	125,664	4.40E+06	7.85E-03	34,526	76,944	175.0	8,050.0	8,225.0					
9-2	9-2 ベッセル上部遮蔽	4,000	0	430	125,664	5.40E+06	7.85E-03	42,418	42,418	215.0	8,400.0	8,615.0					
	小計			8,830				664,176									
10	10 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	340,122	342.5	0.0	342.5	0.25				
11	11 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	685	82,048	5.62E+06	7.85E-03	44,119	286,003	342.5	685.0	1,027.5					
12	12 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	900	82,048	7.38E+06	7.85E-03	57,807	251,694	450.0	1,370.0	1,820.0					
13	13 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	193,917	350.0	2,270.0	2,620.0					
14	14 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	148,831	350.0	2,970.0	3,320.0					
15	15 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,640	700	82,048	5.74E+06	7.85E-03	45,085	103,746	350.0	3,670.0	4,020.0					
16	16 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	250	103,321	2.58E+06	2.30E-03	5,941	59,660	125.0	4,370.0	4,495.0					
17	17 筒子ビーム入射部遮蔽	9,440	4,100	650	103,321	6.72E+06	7.85E-03	52,720	52,720	325.0	4,620.0	4,945.0					
	小計			5,270				340,122									
18	18 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	22,959	6.18E+06	7.85E-03	48,481	242,950	1,345.0	0.0	1,345.0					
19	19 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	2,690	18,751	5.04E+06	7.85E-03	39,596	194,468	1,345.0	0.0	1,345.0					
20	20 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	380	80,301	3.05E+06	7.85E-03	23,954	154,973	190.0	2,980.0	2,880.0					
21	21 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	130,919	325.0	3,070.0	3,395.0					
22	22 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,640	650	80,301	5.22E+06	7.85E-03	40,974	89,945	325.0	3,720.0	4,045.0					
23	23 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	250	86,256	2.18E+06	2.30E-03	4,960	48,972	125.0	4,370.0	4,495.0					
24	24 ターゲット台車挿入部遮蔽	9,440	4,100	650	86,256	5.81E+06	7.85E-03	44,012	44,012	325.0	4,620.0	4,945.0					
	小計			5,270				242,950									
支店から重心までのX方向距離: x = 1473 mm																	
0.25																	
5.51E+07 6.52E+07																	
4.50E+07 5.33E+07																	
1.80E+07 6.90E+07																	
2.56E+07 1.39E+08																	
1.88E+07 1.66E+08																	
1.73E+06 2.23E+07																	
1.04E+07 2.18E+08																	
1.75E+08 7.32E+08																	
3.01E+03																	
4.497																	
1.15																	
μ = 0.2																	
(軟鋼-軟鋼の摩擦係数: μ = 0.4)																	
重心、線荷重量、線荷重																	
-100,143 -25.50																	
線荷重: 本邦M50×16(線荷重: 32,700kgf×16)																	

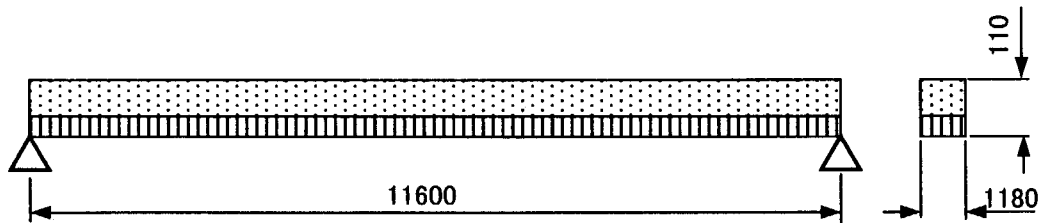
付表5.1 天井遮蔽体ブロックの強度検討(1)

(鉄板+コンクリートの複合梁として)

1. 曲げモーメントの算出

(1) 曲げモーメント; M

最大曲げモーメント	M_{max}	=	$\omega L^2/8$	=	9.43E+07 kgf·mm
梁長さ	L	=		=	11,600 mm
梁等分布荷重	ω	=	$\omega_s + \omega_c$	=	5.61 kgf/mm
鉄部等分布荷重	ω_s	=	$\rho_s B_s H_s$	=	3.71 kgf/mm
鉄部比重	ρ_s	=		=	7.85E-06 kgf/mm ³
鉄部幅	B_s	=		=	1,180 mm
鉄部高さ	H_s	=		=	400 mm
コンクリート部等分布荷重	ω_c	=	$\rho_c B_c H_c$	=	1.90 kgf/mm
コンクリート部比重	ρ_c	=		=	2.30E-06 kgf/mm ³
コンクリート部幅	B_c	=		=	1,180 mm
コンクリート部高さ	H_c	=		=	700 mm



鉄板とコンクリートの複合梁として検討する。

2. 曲げ応力の検討

(1) 等価断面下面における曲げ応力; σ_1

最大曲げ応力 σ_{1max} = M_{max}/Z_1 = 0.89 kgf/mm²

断面係数(下面) Z_1 = 1.06E+08 mm³

(2) 等価断面上面における曲げ応力; σ_2

最大曲げ応力 σ'_{2max} = M_{max}/Z_2 = 2.64 kgf/mm²

断面係数(上面) Z_2 = 3.57E+07 mm³

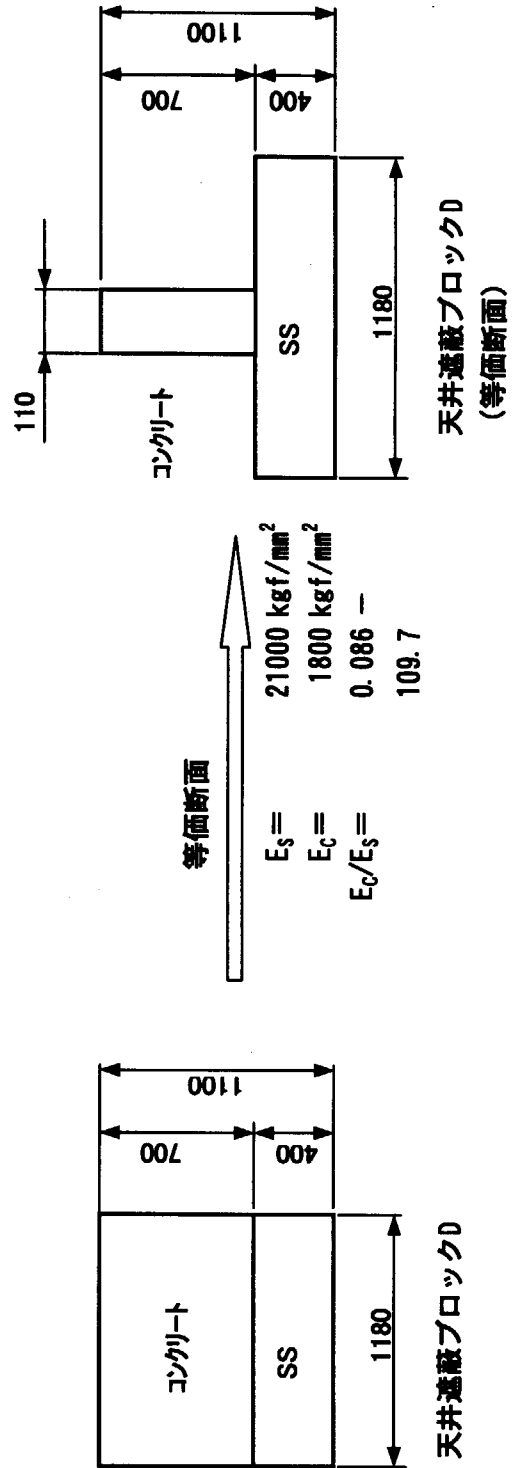
実際の最大曲げ応力は、 σ_{2max} = $\sigma'_{2max} \times (E_c/E_s)$ = 0.23 kgf/mm²

3. 撓み量の検討

(1) 最大撓み量 δ_{max} = $5\omega L^4/(384E_s I_2)$ = 2.14 mm

付表5. 2 天井遮蔽体ブロックの断面二次モーメントおよび断面係数
(鉄板+コンクリートの複合梁として)

部材	幅	高さ	面積	基礎からの重心	面積×重心	図心	断面二次モーメント	断面二次モーメント	断面係数
	B	H	S	g	Sg	y	I	I_z	$Z_{1,2}$
	mm	mm	$B \times H$ mm ²	mm	$S \times g$ mm ³	$\Sigma (Sg) / \Sigma S$ mm	$B \times H^3 / 12$ mm ⁴	$\Sigma I + \Sigma S (g-y)^2$ mm ⁴	mm ³
1	1,180	400	4.720E+05	200	9.440E+07		6.293E+09	2.796E+09	$Z_1 = I_z / y =$ 1.062E+08
2	110	700	7.680E+04	750	5.760E+07		3.136E+09	1.718E+10	
3			0.000E+00		0.000E+00		0.000E+00	0.000E+00	
4			0.000E+00		0.000E+00		0.000E+00	0.000E+00	$Z_2 = I_z / (h_{max} - y) =$ 3.573E+07
5			0.000E+00		0.000E+00		0.000E+00	0.000E+00	
6			0.000E+00		0.000E+00		0.000E+00	0.000E+00	
合計			5.488E+05		1.520E+08	277.0	9.429E+09	1.998E+10	2.941E+10
最大高さ		1100							3.573E+07



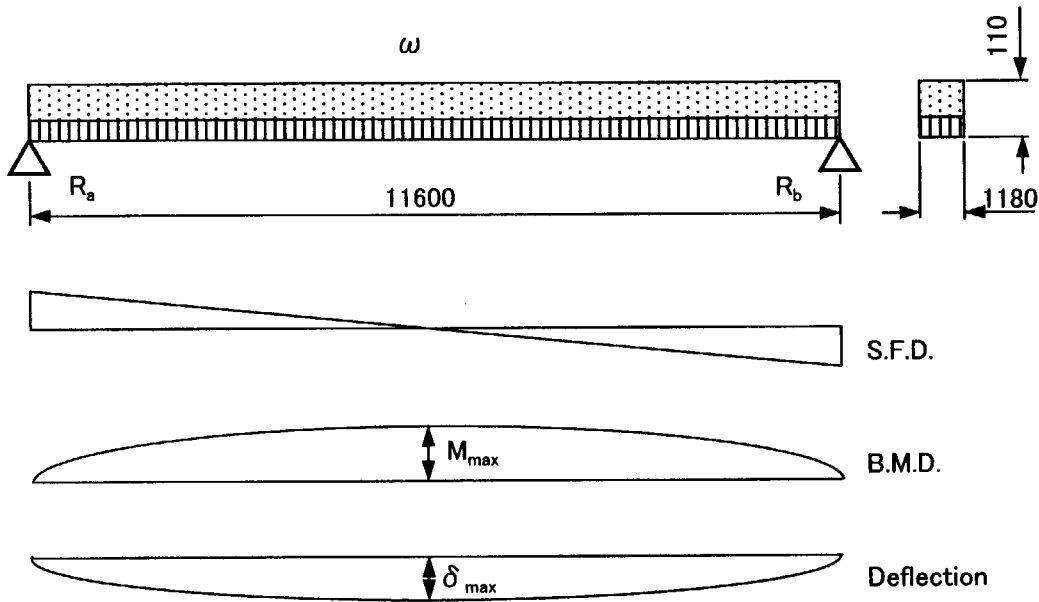
付表5.3 天井遮蔽体ブロックの強度検討(2)

(コンクリートが鉄板に載荷するとして)

1. 曲げモーメントの算出

(1) 曲げモーメント; M

最大曲げモーメント	M_{max}	=	$\omega L^2/8$	=	9.43E+07 kgf·mm
梁長さ	L	=		=	11,600 mm
梁等分布荷重	ω	=	$\omega_s + \omega_c$	=	5.61 kgf/mm
鉄部等分布荷重	ω_s	=	$\rho_s B_s H_s$	=	3.71 kgf/mm
鉄部比重	ρ_s	=		=	7.85E-06 kgf/mm ³
鉄部幅	B_s	=		=	1,180 mm
鉄部高さ	H_s	=		=	400 mm
コンクリート部等分布荷重	ω_c	=	$\rho_c B_c H_c$	=	1.90 kgf/mm
コンクリート部比重	ρ_c	=		=	2.30E-06 kgf/mm ³
コンクリート部幅	B_c	=		=	1,180 mm
コンクリート部高さ	H_c	=		=	700 mm



鉄板とコンクリートの複合梁と考えず、鉄板にコンクリートが載荷され、鉄板の自重とコンクリートの荷重を鉄板のみで支持すると考えたときの応力及び、撓み量について検討する。

2. 曲げ応力の検討

(1) 最大曲げ応力 $\sigma_{max} = 6M_{max}/(B_s H_s^2) = 3.00 \text{ kgf/mm}^2$

3. 撓み量の検討

(1) 最大撓み量 $\delta_{max} = 5\omega L^4/(384E_s I_z) = 10.00 \text{ mm}$

断面二次モーメント; $I_z = B_s H_s^3/12 = 6.29E+09 \text{ mm}^4$
 縦弾性係数 $E_s = 21,000 \text{ kgf/mm}^2$

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N·m
上率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A·s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
照射度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量当量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名称	記号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

1 eV = 1.60218 × 10⁻¹⁹ J
1 u = 1.66054 × 10⁻²⁷ kg

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名称	記号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

1 Å = 0.1 nm = 10⁻¹⁰ m
1 b = 100 fm² = 10⁻²⁸ m²
1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa
1 Gal = 1 cm/s² = 10⁻² m/s²
1 Ci = 3.7 × 10¹⁰ Bq
1 R = 2.58 × 10⁻⁴ C/kg
1 rad = 1 cGy = 10⁻² Gy
1 rem = 1 cSv = 10⁻² Sv

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局 1985年刊行による。ただし, 1 eV および 1 uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令ではbar, barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換算表

力	N (=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

粘度 1 Pa·s(N·s/m²) = 10 P(ポアズ)(g/(cm·s))

動粘度 1 m²/s = 10⁴ St(ストークス)(cm²/s)

圧	MPa (=10 bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻²	6.80460 × 10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J (=10 ⁷ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻³	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹
	3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻³	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸
	1.60218 × 10 ⁻¹⁹	1.63377 × 10 ⁻²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1

1 cal = 4.18605 J(計量法)
= 4.184 J(熱化学)
= 4.1855 J(15 °C)
= 4.1868 J(国際蒸気表)
仕事率 1 PS(仏馬力)
= 75 kgf·m/s
= 735.499 W

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹¹
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

大強度陽子加速器計画における核破砕中性子源遮蔽体の基本設計

R100

古紙配合率100%
白色度70%再生紙を使用しています。