

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

資料番号	TK-1-703 改0
提出年月日	平成30年5月28日

東海第二発電所

ブローアウトパネル閉止装置 機能確認試験要領書

日本原子力発電株式会社

平成30年5月

目次

1. 目的	1
2. 試験期間及び場所	1
3. 試験項目	1
4. 加振試験について	2
5. 作動試験について	11
6. 気密性能試験について	11

東海第二発電所 ブローアウトパネル閉止装置機能確認試験要領について

1. 目的

ブローアウトパネル閉止装置（以下、「閉止装置」という。）の機能を確認するため、実機規模の試験体を用いた加振試験を行い重大事故等時における閉止装置の機能維持確認を実施する。

2. 試験期間

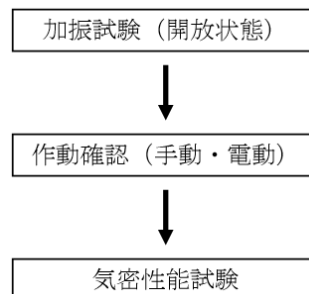
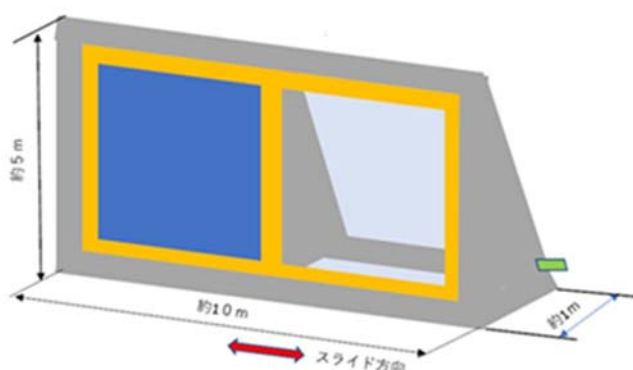
実施時期：平成 30 年 6 月 18 日（月）～22 日（金）（予定）

場 所：国立研究開発法人 防災科学研究所 兵庫耐震工学研究センター
兵庫県三木市志染町三津田西亀屋 1501-21

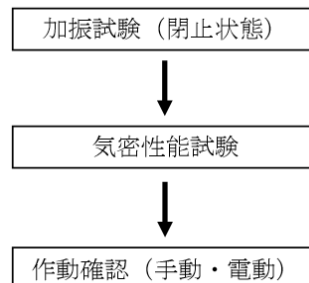
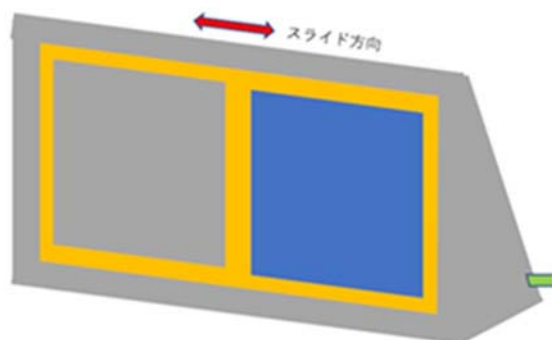
3. 試験項目

- ①加振試験：閉止装置の耐震性能の確認
- ②作動確認：閉止装置の開閉機能確認
- ③気密性能試験：気密性能の確認

【扉開放状態】



【扉閉止状態】



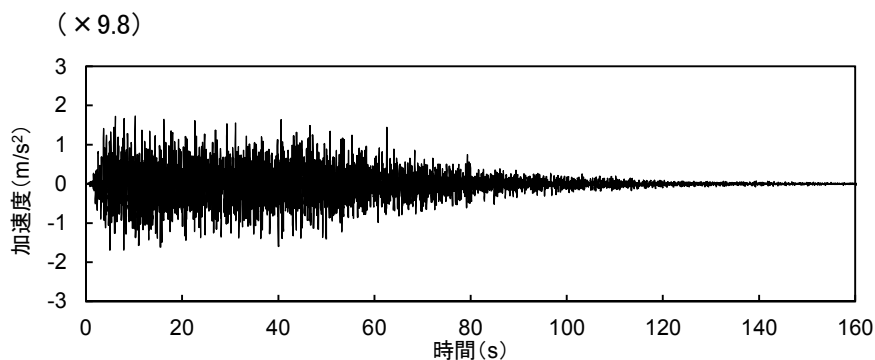
第 1 図 試験治具概念図

4. 加振試験について

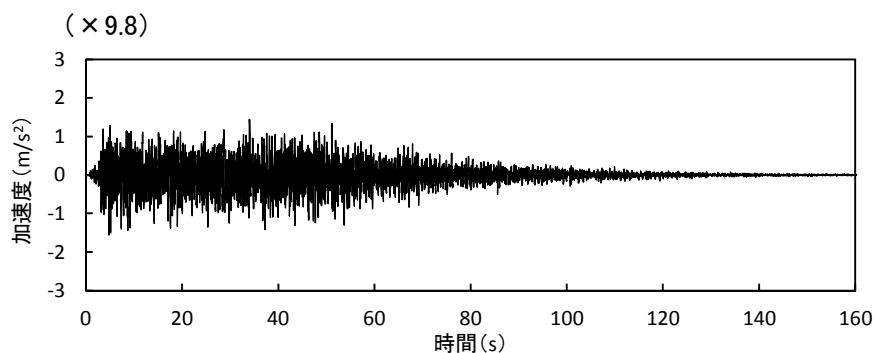
4. 1 加振試験要領

閉止装置の設置高さ駆動装置がある原子炉建屋 EL. 63.65 m における建屋床応答について、方向毎に複数の基準地震動 S_s の床応答スペクトル条件を包絡する模擬地震波（以下、包絡波）を作成して加振試験の入力波として用いる。ここで包絡させる対象条件は、基準地震動 8 波及び建屋の影響評価で考慮するばらつきケースとする。

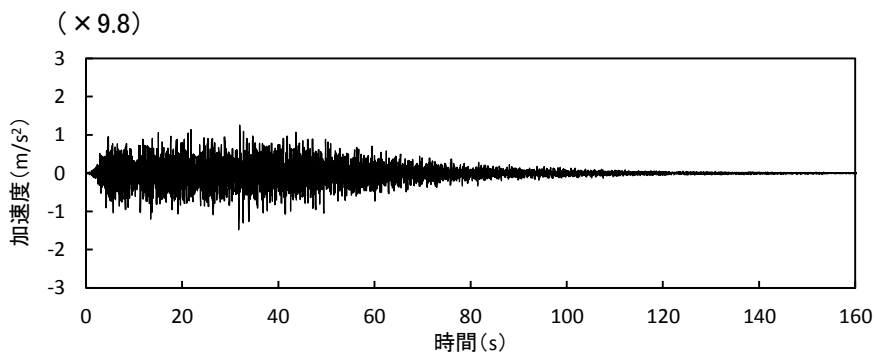
第 2 図、第 3 図に、模擬地震波の時刻歴波形、応答スペクトルを示す。



(1) 水平(NS)方向



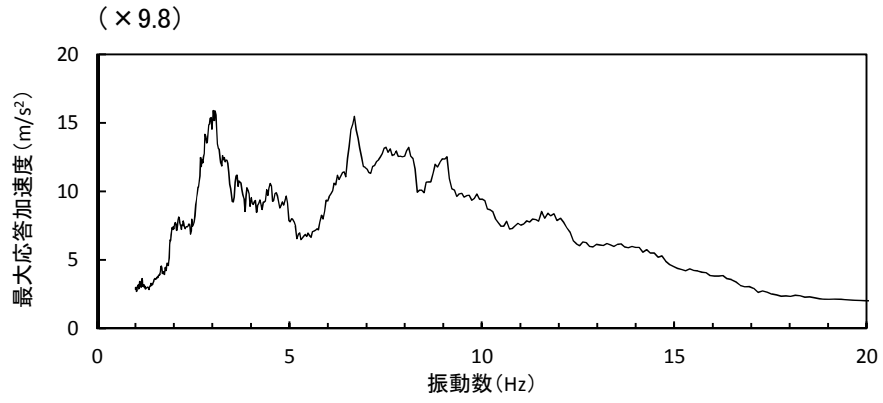
(2) 水平(EW)方向



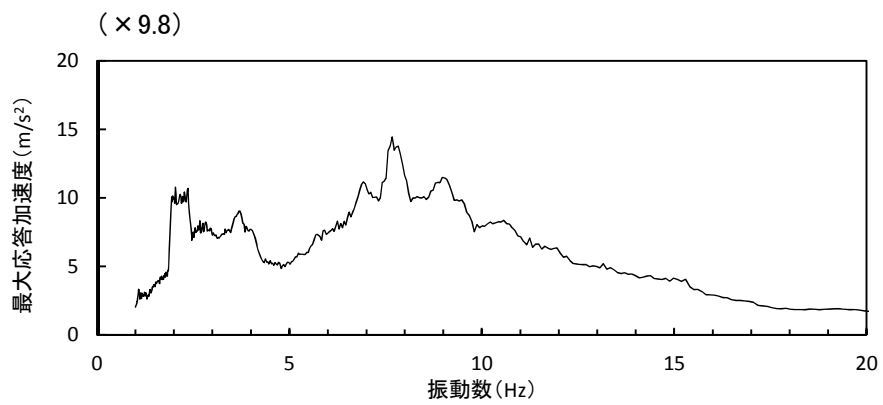
(3) 鉛直方向

第 2 図 入力波の時刻歴波形

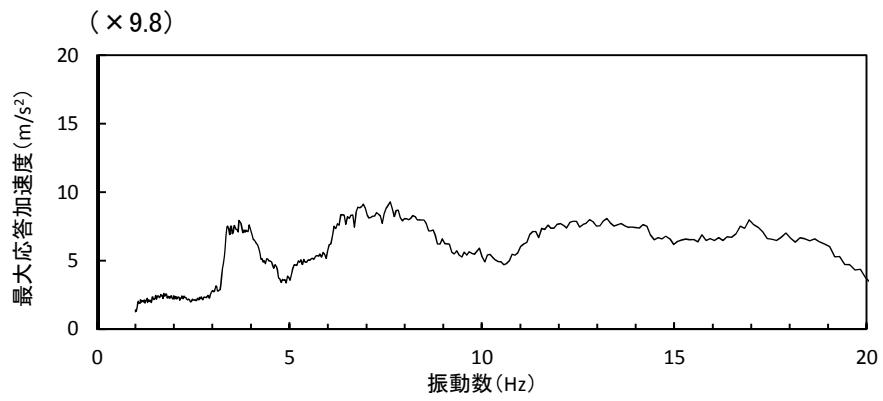
※ 複数の基準地震動 S_s の床応答スペクトルを包絡する模擬地震波



(1) 水平(NS)方向



(2) 水平(EW)方向



(3) 鉛直方向

第3図 入力波の応答スペクトル (減衰定数 1%)
 ※ 複数の基準地震動 S_s の床応答スペクトルを包絡する模擬地震波

4. 2 加振試験項目及び内容

(1) 振動台補償加振

目標とする入力波を精度よく振動台で再現するための振動台補償加振を行う。本試験は、試験体を振動台に搭載しない条件で行う。

(2) センサ確認試験

センサの取付方向、感度確認を行うために、各方向単独で正弦波加振を行う。

(3) 振動特性把握試験

試験体の振動特性を把握するため、0～30Hz 程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波による加振試験を行う。加振方向は各方向単独とし、扉の開状態及び閉状態の振動特性を確認する。なお、試験体の固有振動数が高い場合は、入力波の主要な振動数成分の範囲に固有振動数がないことを確認する。

(4) 地震波加振試験

加振レベルは4段階に分けて振動台の加振性能限界まで漸増させていく。加振方向は3方向同時とし、閉止装置の開状態、閉状態のそれぞれで実施する。

試験ケースを第1表に示す。

第1表 試験ケース一覧

No	試験項目	試験体条件	加振方向	加振波	加振レベル	備考
—	振動台補償加振	—	X+Y+Z	—	—	—
1	センサ確認試験	扉閉	X	正弦波	0.5m/s ² 程度	1～2Hz で実施
2			Y			
3			Z			
4	振動特性把握試験	扉閉	X	ランダム波 ^{※1}	2.0m/s ² 程度	—
5			Y			
6			Z			
7		扉開	X	ランダム波 ^{※1}	2.0m/s ² 程度	—
8			Y			
9			Z			
10	地震波加振	扉開	X+Y+Z	包絡波 ^{※2}	0.3×S _s	レベル1
11					0.6×S _s	レベル2
12					1.0×S _s	レベル3
13					振動台性能限界	レベル4
14		扉閉	X+Y+Z	包絡波 ^{※2}	0.3×S _s	レベル1
15					0.6×S _s	レベル2
16					1.0×S _s	レベル3
17					振動台性能限界	レベル4

※1 0～30Hz 程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波で加振を行う。

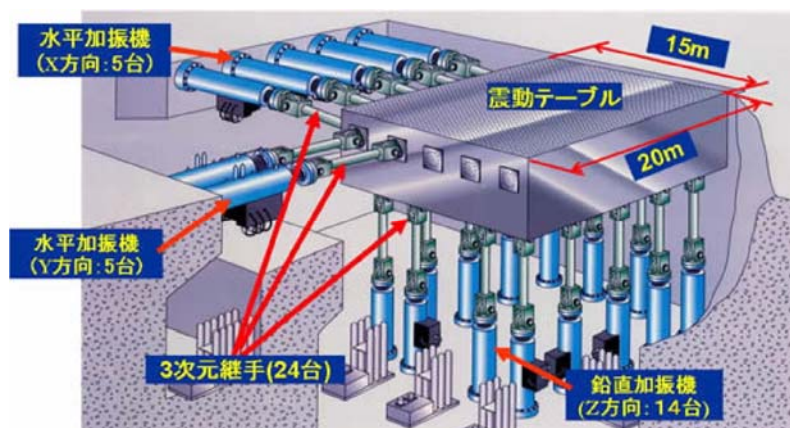
※2 方向毎に複数の基準地震動（S_s）の床応答スペクトルを包絡する模擬地震波を作成して加振する。

4. 3 三次元振動台の概要

振動台の上に試験体を設置し、水平方向と鉛直方向を同時に加振する。第2表に振動台の仕様、第4図に三次元振動台の概要図及び第5図に試験体の鳥瞰図を示す。

第2表 三次元振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
振動台寸法	20m×15m		
最大積載重量	1200 t f		
加振方向	X方向	Y方向	Z方向
最大加速度	900cm/s ²	900cm/s ²	1500cm/s ²
最大速度	200cm/s	200cm/s	70cm/s
最大変位	±100cm	±100cm	±50cm



第4図 三次元振動台の概要図



第5図 試験体の鳥瞰図

4. 4 計測要領

(1) 計測項目

試験体の代表的挙動を評価するための項目を計測する。計測項目を第3表に示す。

第3表 計測項目

項目	計測点
加速度	・ 振動台 ・ 支持架台 ・ 扉 ・ 駆動装置
ひずみ	・ プッシュローラ (開閉時に扉を抑える部位)

(2) 計測位置

計測点は、試験体の代表的な挙動を評価する位置に設置する。第4表に計測項目の一覧表を示す。

① 加速度

第6図に加速度計の設置位置を示す。

② ひずみ

第7図にひずみゲージの設置位置を示す。扉の開時、閉時において扉を抑える荷重が発生するプッシュローラを代表位置として加振試験時のひずみを計測する。ただし今後の詳細検討、試験時の状況判断により、計測位置の見直し、追加の可能性はある。

③ その他

加速度、ひずみ以外に、加振試験時や扉の開閉動作の記録のため、動画撮影を実施する。なお、必要に応じ試験場に備え付けられているカメラも活用する。

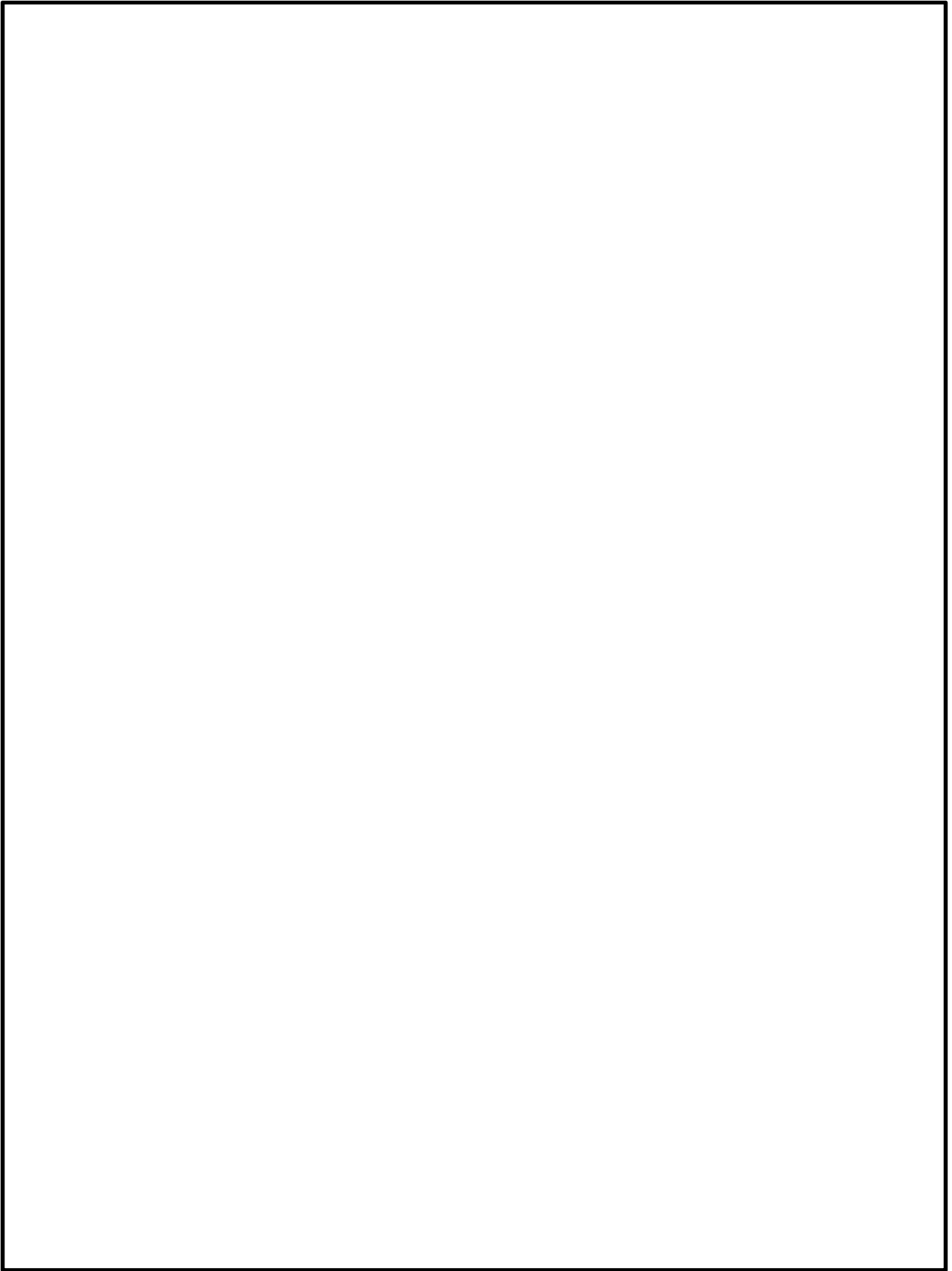
- ・ 試験体全景： 振動台外から、試験体全景を撮影
- ・ 扉近傍： 振動台または支持架台上から、レール、プッシュローラ付近を撮影

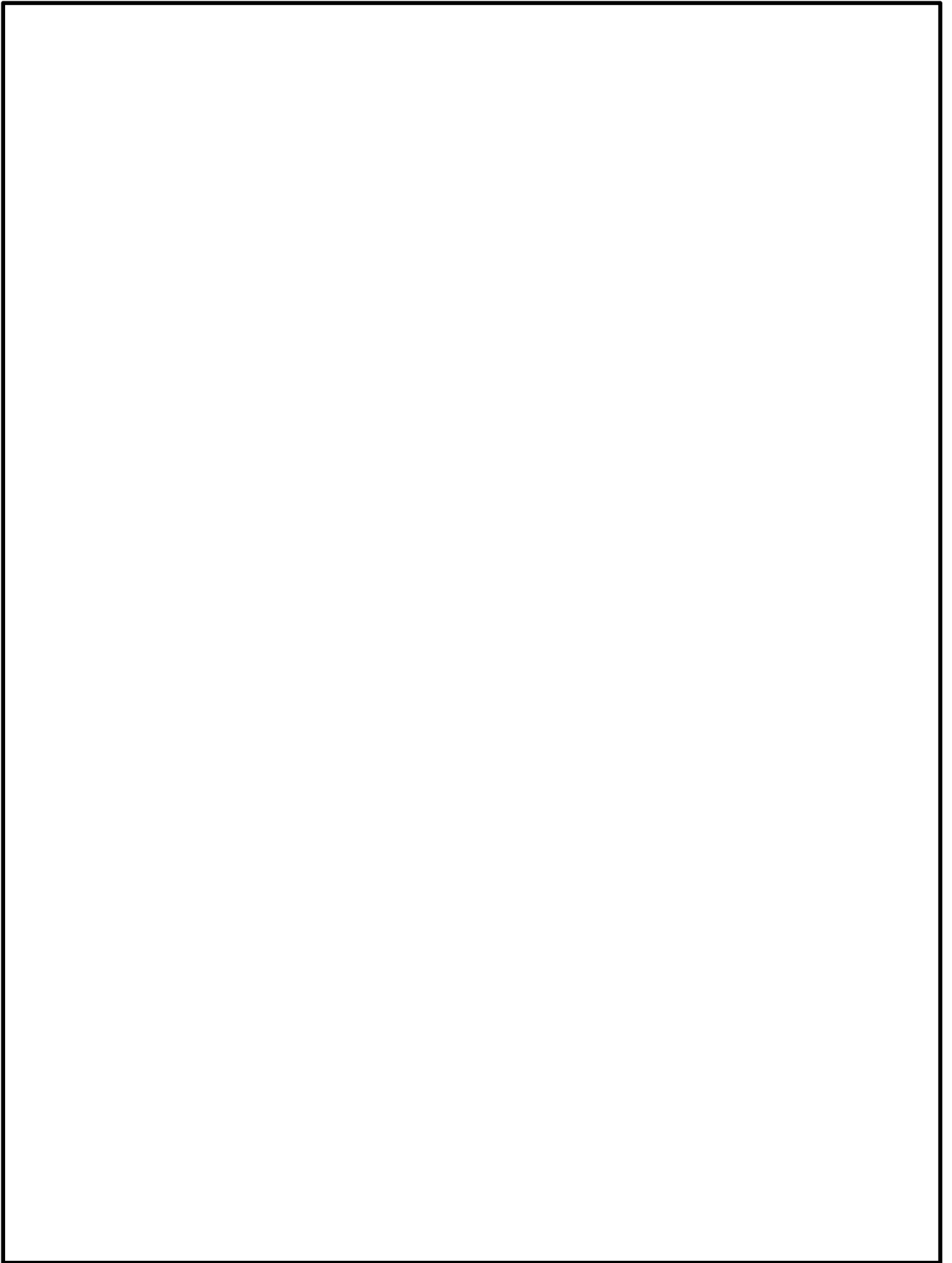
第4表 計測項目

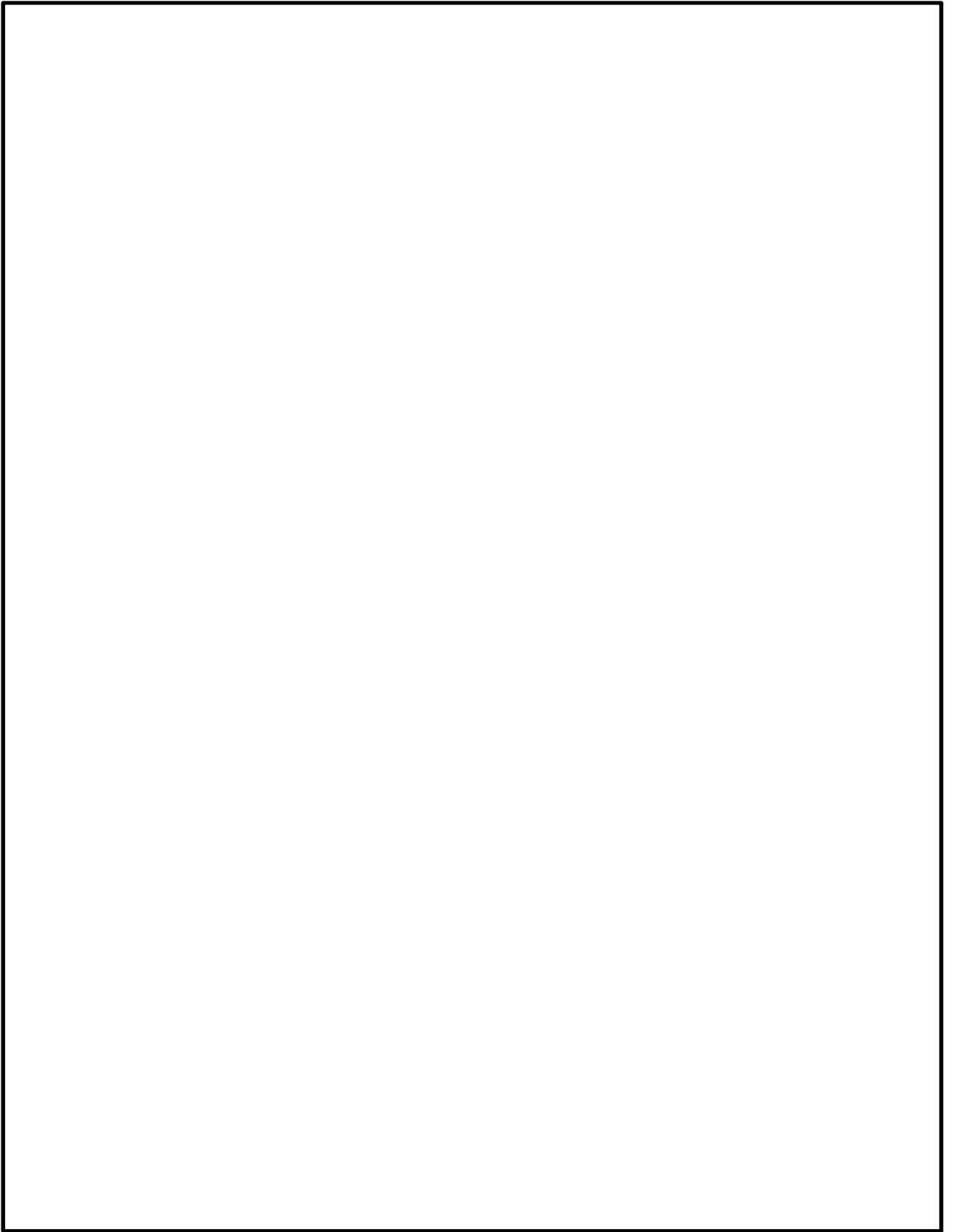
No	項目	記号	測定点	方向	備考	
1	加速度	A1	振動台	X	<ul style="list-style-type: none"> ・振動台上加速度を計測 ・計画条件の範囲内で加振試験が実施されたことの確認が目的 	
2				Y		
3				Z		
4		A2		X		
5				Y		
6				Z		
7		A3	扉上部(閉時)	X	<ul style="list-style-type: none"> ・閉時, 開時の扉上部の支持架台に設置 ・閉時, 開時の閉止装置の機能維持確認加速度の計測が目的 ・支持架台の振動特性確認も兼ねる 	
8				Y		
9				Z		
10		A4	扉上部(開時)	X		
11				Y		
12				Z		
13		A5	駆動装置本体	X	<ul style="list-style-type: none"> ・駆動装置単体の機能維持確認加速度の計測が目的 ・駆動装置の振動特性確認も兼ねる 	
14				Y		
15				Z		
16			A6	駆動装置の取付位置		X
17						Y
18						Z
19		A7	扉の中央部	X	<ul style="list-style-type: none"> ・扉の振動特性確認が目的 ・振動特性把握試験時に設置^{※1} 	
20				Y		
21				Z		
22	A8	扉の中央部	X	<ul style="list-style-type: none"> ・地震波加振, 扉閉, レベル3または4(第1表のNo. 16または17)のケースで扉3箇所^{※1}に設置 		
20			A9		X	
21			A10		X	
22	ひずみ	S1	プッシュローラ (扉閉時) ^{※2}	-	<ul style="list-style-type: none"> ・扉の開時, 閉時における扉に作用する荷重の代表位置として加振試験時に計測する計画 	
24		S2				
25		S3	プッシュローラ (扉開時) ^{※2}			
26		S4				

※1 扉の開閉による作動性能の確認の際にケーブルが試験体や他センサと干渉する恐れがあるため、代表試験ケースのみでの計測とする。

※2 開時、閉時において扉を抑える荷重がプッシュローラに発生するため代表位置とする。







5. 作動確認について

5. 1 作動確認項目及び内容

(1) 電動作動確認

電動駆動により閉止装置が開閉できることを確認する。
開閉時間を参考値として計測を実施する。

(2) 手動作動確認

手動操作により閉止装置が開閉できることを確認する。

5. 2 判定基準

(1) 電動作動確認

電動駆動により開閉できること。
開閉時間：2分以内（参考値）

(2) 手動作動確認

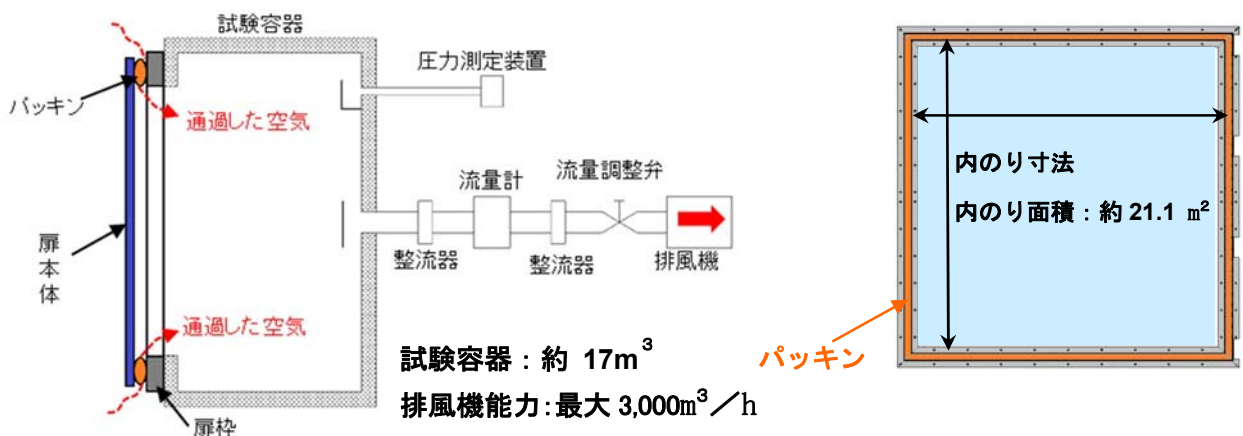
手動操作により開閉できること。

6. 気密性能試験について

6. 1 気密性能試験の内容

A S T M E283-4 (Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen) に準じた装置を用いて実施する。排風機により試験容器内の空気を排出することにより試験体前後に圧力差を生じさせ、試験体のシール部から試験容器へ流入する通気量を測定する。

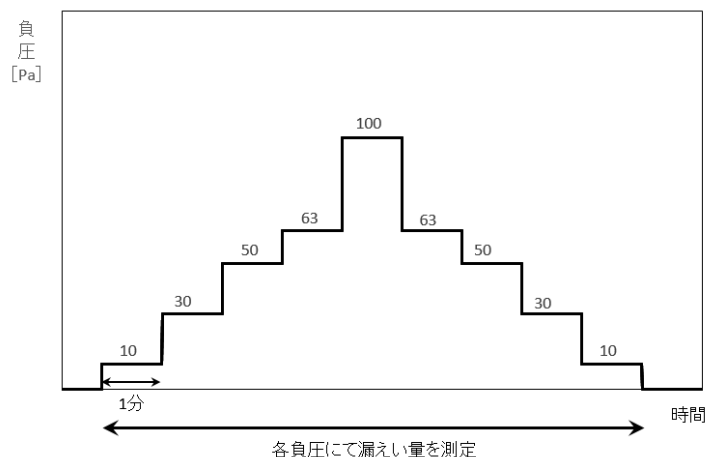
第8図に気密性能試験装置図、第9図に試験体の内のり寸法図を示す。



第 8 図 気密性能試験装置図

第 9 図 試験体の内のり寸法図

試験手順は、J I S A 1516（建具の気密性試験方法）6.3 試験手順に準じて、負圧での圧力差 10Pa, 30Pa, 50Pa, 63Pa, 100Pa と上げ、63Pa, 50Pa, 30Pa, 10Pa と下げていく（保持時間 1 分）。通気方向は 1 方向（負圧）とする。（第 10 図 負圧試験線図）



第 10 図 負圧試験線図

試験により得られた試験体を通過した空気量 Q (m^3/h) を、標準状態 (20°C , 1013 hPa) に換算し、扉の内法面積 (m^2) で除すことにより、単位面積当たり、1 時間当たりの通気量 ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) として算出する。圧力差に応じた通気量の推移を確認する。

$$q = Q / A$$

q : 通気量 ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$)

Q : 通過した空気量 (20°C , 1013hPa 換算値) (m^3/h)

A : 試験体の内り面積 (m^2)

6. 2 判定基準

通気量: 以下※1

※1 重大事故等時に閉止装置を使用した場合の原子炉建屋原子炉棟の気密性能の基準は、設計基準事故時の原子炉建屋原子炉棟の設計気密度 と同じとする。

また、試験体単体での通気量の判定基準は、常用ガス処理系の排気量 ($3,570 \text{ m}^3/\text{h}$: 63 Pa の負圧における原子炉建屋原子炉棟の容積を 1 日で処理できる容量) から既存設備の漏えい量を除いた を許容漏れ量とする。通気量は、ブローアウトパネル開口部の内り面積が から、 となるが、安全側に を判定基準とする。

試験体は、実機に取り付ける全ての閉止装置を考慮し、各々の縦・横寸法を包絡する大きさで製作することにより試験の保守性を考慮する。

第 11 図 試験工程

項目	6/15(金)		6/16(土)		6/17(日)		6/18(月)		6/19(火)		6/20(水)		6/21(木)		6/22(金)	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
振動台補償加振	■															
センサ確認試験 3 方向 (扉開)			振動台への試験体の据付け 試験体へのセンサ等計測器類の取付け 初期状態の気密性能試験 等の作業													
振動特性把握試験 3 方向 (扉開)																
振動特性把握試験 3 方向 (扉開)																
地震波加振 (扉開) レベル 1 (0.3×S _s)																
地震波加振 (扉開) レベル 2 (0.6×S _s)																
地震波加振 (扉開) レベル 3 (1.0×S _s) ※ ¹																
地震波加振 (扉開) レベル 1 (0.3×S _s)																
地震波加振 (扉開) レベル 3 (1.0×S _s) ※ ¹																
地震波加振 (扉開) レベル 2 (0.6×S _s)																
地震波加振 (扉開) レベル 3 (1.0×S _s) ※ ¹																
地震波加振 (扉開) レベル 4 (性能限界) ※ ¹																
地震波加振 (扉開) レベル 4 (性能限界) ※ ¹																

※¹ 地震波加振のうちレベル 3, 4 の加振後に, 健全性確認試験 (作動確認試験, 気密性能試験) を実施する。

※² AMは, 10:00~12:00 PMは, 13:30~18:00 を想定している。試験状況により前倒して実施する。

第 12 図 使用計測器一覧表

No.	用途	計測器名称	メーカー (型式)	仕様
1	絶縁抵抗測定	絶縁抵抗計	sanwa (PDM508S)	定格測定電圧(V/MΩ) : 500/100 精度 : 第一有効測定範囲(指示値の±5%以内) 第二有効測定範囲(指示値の±10%以内)
2	動作試験 (モータ電流値測定)	デジタルクランプメータ	HIOKI (3282)	交流電流(A) : レンジ 30A, 300A, 600A 精度 : 30A(40~1kHz : ±1%rdg±0.7%fs) 300A/600A(45~60Hz : ±1.0%rdg±5dgt, 40~45Hz : ±1.5%rdg±5dgt 66~1kHz : ±1.5%rdg±5dgt)
3	動作試験 (扉開閉速度測定)	ストップウォッチ	SEIKO (S34-4000)	時間精度 : ±0.0012%(月差±30秒以内)
4	気密性能試験	熱式風速計	日本カノマックス(株) (6141)	3レンジ : 0~1m/s(50等分目盛。最少読取値 0.02m/s) 0~10m/s(50等分目盛。最少読取値 0.2m/s) 0~50m/s(50等分目盛。最少読取値 1m/s) 精度 : 各レンジのメータフルスケールの±2%
5		デジタル圧力計 (差圧計)	(株)サヤマ (マノエース 230-8110HP-B)	圧力レンジ : 0~110kPa, 200kPa, 700kPa 最大表示 : 700kPa 精度 : ±0.35%fs±1dgt
6		ガラス製単管温度計	日本計量器工業(株) (DF-201)	範囲 : -20℃~50℃以下 目盛 : 1℃

参考資料1 計測センサの仕様

○加速度計（株式会社共和電業カタログ「加速度変換器」より抜粋）

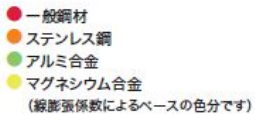
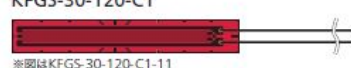
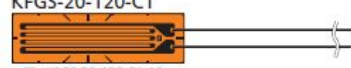
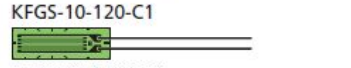












型式名	定格容量(参考値)	応答周波数範囲(23°C)
AS-1GA/GB	±9.807m/s ² (±1G)	DC~40Hz 感度偏差±5%
AS-2GA/GB	±19.614m/s ² (±2G)	DC~60Hz 感度偏差±5%
AS-5GA/GB	±49.03m/s ² (±5G)	DC~100Hz 感度偏差±5%
AS-10GA/GB	±98.07m/s ² (±10G)	DC~150Hz 感度偏差±5%
AS-20GA/GB	±196.14m/s ² (±20G)	DC~250Hz 感度偏差±5%

性能	非直線性	±1%RO以内	
	ヒステリシス	±1%RO以内	
	定格出力	0.5mV/V(1000×10 ⁻⁶ ひずみ)以上	
環境	許容温度範囲	-15~65°C	
電気的特性	許容印加電圧	6V ACまたはDC	
	推奨印加電圧	1~3V ACまたはDC	
	入力抵抗	121Ω±1.7%	
	出力抵抗	121Ω±1.7%	
	ケーブル	0.08mm ² , 4心シールドビニル5m, 外径3.2mm, 片端専用コネクタ(脱着可能)(GA) 先端コネクタプラグ PRC03-12A10-7M (GA型のシールドは本体に接続されていません) (GB型のシールドは本体に接続されています)	
	機械的特性	許容過負荷	300%
		横感度	4%RO以下
質量		約15g(GA)(ケーブル含まず)	
		約25g(GB)(ケーブル含まず)	

注) 第4表の計測項目のうち、A1、A2はAS-5GB、それ以外はAS-10GBを使用予定。ただし試験時の状況に応じて定格容量を変更する可能性あり。

○ひずみゲージ (株式会社共和電業カタログ「汎用箔ひずみゲージ」より抜粋)

パターン 抵抗値、ゲージ率	型 式 名	適合 材料別 ベース色	寸 法(mm)				備 考
			グリッド		ベース		
			長さ	幅	長さ	幅	
単軸 ゲージリード 銀クラッド銅線25mm付 抵抗値120Ω、ゲージ率約2.1 							
KFGS-30-120-C1  <small>*図はKFGS-30-120-C1-11</small>	KFGS-30-120-C1-11 ● KFGS-30-120-C1-16 ● KFGS-30-120-C1-23 ● KFGS-30-120-C1-27 ●		30	3.3	37	5.2	
KFGS-20-120-C1  <small>*図はKFGS-20-120-C1-16</small>	KFGS-20-120-C1-11 ● KFGS-20-120-C1-16 ● KFGS-20-120-C1-23 ● KFGS-20-120-C1-27 ●		20	5	28	8	
KFGS-10-120-C1  <small>*図はKFGS-10-120-C1-23</small>	KFGS-10-120-C1-11 ● KFGS-10-120-C1-16 ● KFGS-10-120-C1-23 ● KFGS-10-120-C1-27 ●		10	3	16	5.2	
KFGS-6-120-C1  <small>*図はKFGS-6-120-C1-27</small>	KFGS-6-120-C1-11 ● KFGS-6-120-C1-16 ● KFGS-6-120-C1-23 ● KFGS-6-120-C1-27 ●		6	1.7	10	3.4	
KFGS-5-120-C1  <small>*図はKFGS-5-120-C1-11</small>	KFGS-5-120-C1-5 ● KFGS-5-120-C1-11 ● KFGS-5-120-C1-16 ● KFGS-5-120-C1-23 ● KFGS-5-120-C1-27 ●		5	1.4	9.4	2.8	木材用
KFGS-4N-120-C1  <small>*図はKFGS-4N-120-C1-16</small>	KFGS-4N-120-C1-11 ● KFGS-4N-120-C1-16 ● KFGS-4N-120-C1-23 ● KFGS-4N-120-C1-27 ●		4	0.7	8	1.4	
KFGS-3-120-C1  <small>*図はKFGS-3-120-C1-23</small>	KFGS-3-120-C1-11 ● KFGS-3-120-C1-16 ● KFGS-3-120-C1-23 ● KFGS-3-120-C1-27 ●		3	1.3	7.4	2.8	
KFGS-2-120-C1  <small>*図はKFGS-2-120-C1-27</small>	KFGS-2-120-C1-5 ● KFGS-2-120-C1-11 ● KFGS-2-120-C1-16 ● KFGS-2-120-C1-23 ● KFGS-2-120-C1-27 ●		2	1.2	6.3	2.8	木材用
KFGS-2N-120-C1  <small>*図はKFGS-2N-120-C1-11</small>	KFGS-2N-120-C1-11 ● KFGS-2N-120-C1-16 ● KFGS-2N-120-C1-23 ● KFGS-2N-120-C1-27 ●		2	0.84	5.3	1.4	
KFGS-1-120-C1  <small>*図はKFGS-1-120-C1-16</small>	KFGS-1-120-C1-11 ● KFGS-1-120-C1-16 ● KFGS-1-120-C1-23 ● KFGS-1-120-C1-27 ●		1	1.1	4.8	2.4	
KFGS-1N-120-C1  <small>*図はKFGS-1N-120-C1-23</small>	KFGS-1N-120-C1-11 ● KFGS-1N-120-C1-16 ● KFGS-1N-120-C1-23 ● KFGS-1N-120-C1-27 ●		1	0.65	4.2	1.4	
KFGS-03-120-C1  <small>*図はKFGS-03-120-C1-27</small>	KFGS-03-120-C1-11 ● KFGS-03-120-C1-16 ● KFGS-03-120-C1-23 ● KFGS-03-120-C1-27 ●		0.3	1.4	3.5	2.4	
KFGS-02-120-C1  <small>*図はKFGS-02-120-C1-11</small>	KFGS-02-120-C1-11 ● KFGS-02-120-C1-16 ● KFGS-02-120-C1-23 ● KFGS-02-120-C1-27 ●		0.2	1.4	3.3	2.4	

参考資料 2

「J I S A 1516 建具の気密性試験方法」抜粋

6.3 試験手順 試験は、図 2 に示す手順に従って行う。

a) 予備加圧 試験に先立ち試験圧力 P_{max} (1) より 10 % 以上大きい圧力差を 3 秒以上保持し、3 回加える。ただし、その圧力差は 500 Pa 以上とする。

なお、圧力を変化させる時間は、1 秒以上とする。

b) 開閉確認 戸の開閉繰返しを 5 回行い、その後施錠する。

c) 加圧 加圧は、図 2 に示す試験手順に従い、正圧のもとで各段階ごとに最低 10 秒以上保持しながら、この試験で要求されている最高圧まで昇圧する。

なお、試験における圧力差の段階は、10、30、50、100、150、200、300、400、500 及び 600 Pa とし (図 2)、 P_{max} が 600 Pa を超える場合は、100 Pa を超えない範囲の段階で圧力差を増加する (図 3)。この圧力差は、降圧にも適用する。

d) 測定 個々の圧力差ごとに流量が定常になったときの流量を測定する。

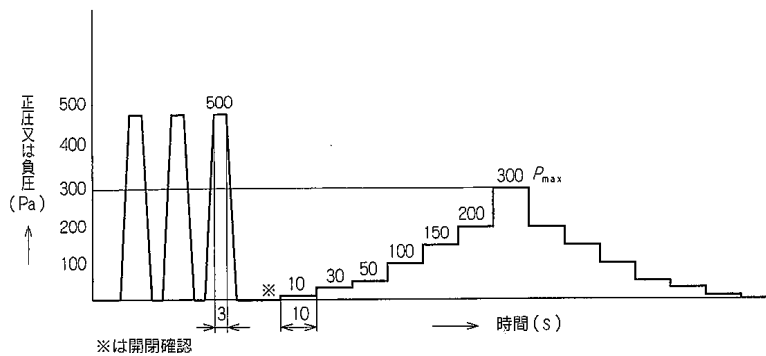


図 2 加圧線図 (P_{max} が 600 Pa 以下の例)

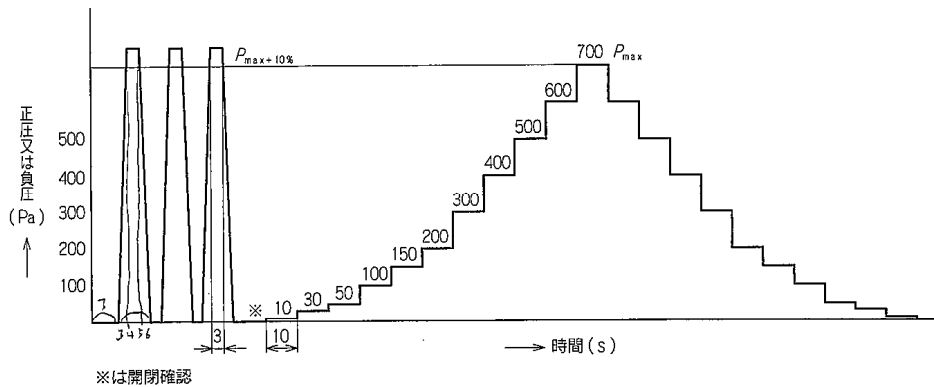


図 3 加圧線図 (P_{max} が 600 Pa を超える例)

7. 試験結果の記録

7.1 通気量の表し方 通気量は、次のいずれか一つで表す。

- 建具面積の平方メートル当たり
- 可動部の平方メートル当たり
- すき間長さメートル当たり

7.2 通気量の算出 通気量は、それぞれの加圧時での通気面積 1 m²当たり (又は、すき間長さ 1 m 当たり)、1 時間当たりの流量で表し、JIS A 1513の5.で規定する基準状態の値に次の式を用いて換算する。

なお、換算結果は JIS Z 8401によって丸めて表す。

・通気面積当たりの換算式

$$q = \frac{Q}{A} \cdot \frac{P_1 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_1}$$

・すき間長さ 1 m 当たりの換算式

$$q_1 = \frac{Q}{L} \cdot \frac{P_1 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_1}$$

ここに、 q : 基準状態に換算した通気量 (m³/h·m²)

q_1 : 基準状態に換算した通気量 (m³/h·m)

Q : 測定された流量 (m³/h)

A : 通気面積 (m²)

L : すき間長さ (m)

P_0 : 1 013 (hPa)

P_1 : 試験室の気圧 (hPa)

T_0 : 273 + 20 = 293 (K)

T_1 : 測定空気温度 (K)

7.3 記録 7.2で求めた通気量の換算結果は、縦軸に通気量を、横軸に圧力差をとった両対数グラフ (通気量線図) で示す。

なお、通気量線図に示す通気量は、昇圧時の値と降圧時の値の両者のうち、大きい値を記入する。