

補足-340-24 【E C C S ストレーナ評価条件等の整理について】

## 1. 概要

非常用炉心冷却系ストレーナ（以下「ECCSストレーナ」という。）に対して、SA条件、内規および圧損試験による条件を加味した評価を実施することについて、以下評価条件等の整理を行った。

ECCSストレーナ既工認：既工認におけるECCSストレーナの申請状況

国内法規関係 時系列：評価に関する法規関係の整理

技術基準：技術基準規則上の扱いの整理

工認の整理：評価条件、荷重の整理

異物の整理：異物について、内規の要求、圧損試験の条件を加味して整理

## 2. ECCSストレーナ関連の既提出工事認可申請について

ECCSストレーナ関連の既提出工事認可申請について以下に示す。

- ① 平成20年2月29日 発室発第567号 申請
- ② 平成20年3月24日 発室発第623号 一部補正
- ③ 平成20年4月7日 平成20・02・29原院第41号 認可

## 3. ECCSストレーナに関わる内規の時系列について

ECCSストレーナに関わる内規の時系列を以下に示す。

- ① 平成17年10月25日 平成17・10・13原院第4号 「沸騰水型原子力発電設備における非常用炉心冷却設備及び格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価及び構造強度評価について（内規）」
- ② 平成20年2月27日 平成20・02・12原院第5号 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について（内規）」※平成20年3月1日施行

## 4. 技術基準規則との整合性について

技術基準規則における、ECCSストレーナの評価に対する関連項目を以下に示す。

技術基準	評価に対する関連項目
5条・50条（地震による損傷の防止）	DB：地震荷重 $S_d$ 、 $S_s$ で評価する必要がある SA：地震荷重 $S_s$ で評価する必要がある
17条（材料及び構造）	3.②の内規に適合することが解釈（17条4）に記載されている。
55条（材料及び構造）	解釈17条10から施設時の規定によることとされているが、他クラス機器と同様、異物評価として保守的な規定である3.②の内規の考え方を適用する。

5. 工事認可申請書の整理

評価	対象ストレーナ	評価条件	
		既工認	補正工認
強度・耐震 (異物あり)	RHR, LPCS, HPCS (*1)	3.①で評価	3.②で評価
強度・耐震 (異物なし)	RCIC (*2)	—	3.②で評価

注記 \*1：異物を考慮するECCSストレーナでは，RHRストレーナを代表として評価し，RHRストレーナと同形状のLPCS，HPCSについてはRHRの評価に包絡されるものとする。

\*2：RCICについては，SA時のシーケンス上，LOCA時の機能要求がないことから，異物を考慮しない評価とする。

6. ECCSストレーナの評価に用いる荷重について

表6-1にECCSストレーナの評価に必要な荷重を示す。本申請におけるECCSストレーナの評価には，同一の荷重の組合せである場合には，より大きな荷重の組合せを代表で評価条件として用いる。このため，表6-1のSA-3～6とDB-3～6の荷重の大小関係，SA-8とSA-11の大小関係を表6-2に示す。

表 6-1 ECCS ストレーナ評価用荷重の整理

分類	荷重 組合せ	荷重 N o.	運転状態	死荷重	異物 荷重	差圧	通常 運転 温度	SRV荷重		LOCA荷重			地震荷重		供用状態	包絡性
								運転時	中小破断 時	ブールスワール	蒸気凝縮 (CO)	チャッキング* (CH)	S d 荷重	S s 荷重		
強度 計算書 記載 項目	DBA (内規に記載の組合せ)	DB-1	運転状態 I	○			○								A	—
		DB-2	運転状態 II	○			○	○							B	—
		DB-3	運転状態 IV (L)	○	○	○									A	—
		DB-4	運転状態 IV (S)	○	○	○					○				D	—
		DB-5	運転状態 IV (S)	○	○	○			○ <sup>*1</sup>			○ <sup>*1</sup>			D	—
		DB-6	運転状態 IV (S)	○						○					D	—
	SA	SA-3	運転状態 V (L)	○	○	○									D <sup>*2</sup>	≦DB-3
		SA-4	運転状態 V (S)	○	○	○					○				D <sup>*2</sup>	≦DB-4
		SA-5	運転状態 V (S)	○	○	○			○ <sup>*1</sup>			○ <sup>*1</sup>			D <sup>*2</sup>	≦DB-5
		SA-6	運転状態 V (S)	○						○					D <sup>*2</sup>	=DB-6
		DB-7	運転状態 I	○									○		III <sub>A</sub> S	—
耐震 計算書 記載 項目	DBA (内規に記載の組合せ)	DB-8	運転状態 I	○									○	IV <sub>A</sub> S	—	
		DB-9	運転状態 II	○				○				○		III <sub>A</sub> S	—	
		DB-10	運転状態 II	○				○					○	IV <sub>A</sub> S	—	
		DB-11	運転状態 IV (L)	○	○	○						○		III <sub>A</sub> S	—	
		SA-11	運転状態 V (L)	○	○	○						○		IV <sub>A</sub> S <sup>*3</sup>	≦SA-8	
	SA-8	運転状態 V (LL)	○	○	○							○		IV <sub>A</sub> S <sup>*3</sup>	—	

注記 \*1：本プラントは Mark-II プラントのため、内規記載の通り SRV と CH は組合せない。

\*2：供用状態 E として、D の許容限界を用いる。

\*3：許容応力状態 V<sub>A</sub>S として、IV<sub>A</sub>S の許容限界を用いる。

表 6-2 荷重の大小関係の整理

No.	荷重の種類		説明
1	異物荷重* <sup>1</sup> DB時 $\geq$ SA時		ストレーナの圧損試験結果から DB時 $\geq$ SA時 ※ DB時圧損 $\square$ m ※ SA時圧損 $\square$ m
2	差圧 DB時 $\geq$ SA時		ストレーナの圧損試験結果から DB時 $\geq$ SA時
3	SRV荷重	中小破断時 DB時=SA時	DB, SA時ともに逃がし安全弁作動時に サブプレッション・プール内に設置される構 造物に考慮すべき荷重であり DB時荷重=SA時荷重
4	LOCA荷重	プールスウェル DB時=SA時	DB, SA時ともにLOCA時に発生する プールスウェルの際にサブプレッション・プ ール内に設置される構造物に考慮すべき 荷重であり DB時荷重=SA時荷重
5		蒸気凝縮 (CO) DB時=SA時	DB, SA時ともにLOCA時に発生する 蒸気凝縮の際にサブプレッション・プール内 に設置される構造物に考慮すべき荷重で あり DB時荷重=SA時荷重
6		チャギング (CH) DB時=SA時	DB, SA時ともにLOCA時に発生する チャギングの際にサブプレッション・プール 内に設置される構造物に考慮すべき荷重 であり DB時荷重=SA時荷重
7	地震荷重	S <sub>s</sub> 荷重 $\geq$ S <sub>d</sub> 荷重 (or 静的荷重)	S <sub>d</sub> 荷重はS <sub>s</sub> 荷重の1/2程度であり, S <sub>s</sub> 荷重 $\geq$ S <sub>d</sub> 荷重 (or 静的荷重)

注記 \*1: ①H20年内規⇒非DBA仕様塗装異物の追加 (その他異物については, 考慮せず)

②SA異物⇒耐DBA仕様塗装異物の追加 (DBでも考慮しているが, SAで更に異物  
量を追加。追加量の検討が必要)

なお, 評価における異物の考慮については7. 異物量の整理にて詳細を記載する。

7. 異物量の整理

内規に基づくストレナ評価に必要な異物量については (1) 破損保温材, (2) 破損保温材以外に考慮する異物 が定義されており, 以下にその整理を行う。

(1) 破損保温材の異物量

破損保温材について, 以下の内規に基づき異物量を算出している。

[H20 年内規 記載]

保温材の破損量(破損影響範囲半径を加味した破損量)に別表第2に示す割合(移行割合)を乗じた量が, E C C S水源への移行量として評価されていること。

表1 破損保温材のE C C S水源への移行割合と異物量\*1

	保温材種類	既工認 (H17 年内規)	圧損試験 (DB時)	圧損試験 (SA時)
①	カプセル保温 (金属反射型)	50 % [ ] m <sup>2</sup> [ ] m <sup>2</sup> *2	50 % [ ] m <sup>2</sup> [ ] m <sup>2</sup> *2	50 % [ ] m <sup>2</sup>
②	カプセル保温 (繊維質)	15 % [ ] m <sup>3</sup>	15 % [ ] m <sup>3</sup>	15 % [ ] m <sup>3</sup>
③	一般保温 (ケイ酸カルシウム)	10 % [ ] m <sup>3</sup>	10 % [ ] m <sup>3</sup>	10 % [ ] m <sup>3</sup>
④	一般保温 (繊維質)	[ ] m <sup>3</sup> [ ] kg [ ] kg) *2	[ ] m <sup>3</sup> [ ] kg*3	[ ] m <sup>3</sup> [ ] kg*4

注記 \*1: 破損量はN P S H評価の説明書に記載されている値で移行割合を乗じた後の値を示す。(ストレナ1個分)

\*2: ( ) 内数値は, R H R系での値を示す。

\*3: 内規に基づき堆積厚さ[ ]mm相当を考慮している。

\*4: 実機D/W内では繊維質保温材撤廃しているため, 圧損評価条件としては繊維質ゼロとしている。

(2) 破損保温材以外に考慮する異物

破損保温材以外に考慮する異物を，以下内規に基づき表2のとおり整理した。

[H20年内規 記載]

存在する異物の量については，原則として，発電設備毎の状況調査に基づき保守的な量としていること。ただし，異物管理及び原子炉起動の際の格納容器内清掃・点検を実施している場合に限り，別表第3に示す異物の種類に応じ，当該異物の欄に示す量とすることができることとする。

表2 破損保温材以外に考慮する異物\*1

異物の種類		既工認 (H17年内規)	圧損試験 (DB時)	圧損試験 (SA時)
⑤	耐DBA塗装 (ジェット破損)	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg
⑥	非DBA塗装	—	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg
⑦ ⑧ ⑨	堆積異物	スラッジ	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2
		錆片	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2
		塵土	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2	<input type="text"/> kg <input type="text"/> kg) *2
⑩	その他異物	—	<input type="text"/> m <sup>2</sup> *3	<input type="text"/> m <sup>2</sup> *3
⑪	耐DBA塗装 (SA追加) *4	—	—	<input type="text"/> kg
⑫	化学影響生成異物	—	—	<input type="text"/> kg

注記 \*1：ストレーナ1個分の値を示す。

\*2：()内数値は，RHR系での値を示す。

\*3：ストレーナ表面積からステッカー類の総表面積の75%分を差し引いて考慮しているため，試験には投入していない。

\*4：重大事故時等時において原子炉格納容器内温度が上昇することから，塗装片の追加発生を考慮

(3) 東海第二発電所における工事計画申請で考慮する異物の整理

表1及び表2より、DB/S A評価の異物で考慮すべき対象を次のとおり整理する。

① カプセル保温（金属反射型）：(DB/S A)

DB/S Aの評価で考慮が必要。DB時の圧損試験では、評価式により試験投入不要としているが、異物荷重としては考慮すべきであるため、DB時でも考慮する。

② カプセル保温（繊維質）：否

繊維質保温材撤廃しているため、DB/S A共に考慮不要。

③ 一般保温（ケイ酸カルシウム）：否

保温材としてケイ酸カルシウムを使用していないため、DB/S A共に考慮不要。

④ 一般保温（繊維質）：(DBのみ)

DBでは内規に従い薄膜効果を模擬して  mm 相当の考慮が必要。

S Aでは内規に規定がなく繊維質撤廃しているため、実力評価することで考慮不要。

⑤ 耐DBA塗装（ジェット破損）：(DB/S A)

DB/S Aの評価で考慮が必要であるため、内規記載の値を用いる。

⑥ 非DBA塗装：(DB/S A)

DB/S Aの評価で考慮が必要であり、格納容器内の事故時環境に直接晒される全量として、現場調査の確認結果による値を用いる。

⑦ スラッジ：(DB/S A)

⑧ 錆片：(DB/S A)

⑨ 塵上：(DB/S A)

堆積異物

DB/S Aの評価で考慮が必要であるため、内規記載の値を用いる。

⑩ その他異物：否

圧損試験では内規に従い、その他異物としてステッカー類の面積  m<sup>2</sup> の75 %を考慮して基準面積を設定しているが、考慮したとしても他の異物量と比べ十分小さい荷重であることが明らかであることから、DB/S A共に考慮不要。

- ⑪ 耐DBA塗装（SA追加）：（SAのみ考慮だが含めず）  
 ⑫ 化学影響生成異物：（SAのみ考慮だが含めず）

SA時に考慮する異物

SA時に考慮すべき異物であるが、この異物を考慮した圧損試験の結果、DB条件で得られた圧損より小さい値であることが確認できた。このことから、ストレーナに付加される異物の量はDB条件での値に包絡できると考えられるため、評価には含めず

(4) 評価で考慮する異物のまとめ

(1)～(3)から、本工事計画申請の評価で考慮する異物については表3のとおりとする。

表3 本工事計画申請において考慮する異物の整理\*1

	異物の種類	評価で考慮する異物量	備考
①	カプセル保温 (金属反射型)	□ m <sup>2</sup>	移行割合と破損影響範囲
②	カプセル保温 (繊維質)	—	繊維撤廃
③	一般保温 (ケイ酸カルシウム)	—	使用せず
④	一般保温 (繊維質)	SA : — DB : □ kg	DB時は□ mm程度の薄膜を考慮
⑤	耐DBA塗装 (ジェット破損)	□ kg	内規記載値
⑥	非DBA塗装	□ kg	確認結果
⑦	堆積異物	スラッジ □ kg	内規記載値
⑧		錆片 □ kg	内規記載値
⑨		塵土 □ kg	内規記載値
⑩	その他異物	—	含めず (十分小さい)
⑪	耐DBA塗装 (SA追加)	—*2	含めず (圧損試験結果より)
⑫	化学影響生成異物	—*2	含めず (圧損試験結果より)

注記 \*1 : ストレーナ1個分の値を示す。

注記 \*2 : SA時に考慮すべき異物であるが、圧損試験結果から評価には含めないものとする。

## 水力的動的荷重算出について

日本原子力発電株式会社

## 1. はじめに

原子炉冷却材喪失時及び逃がし安全弁作動時には、サブプレッションプール水中の構造物に様々な荷重が作用する。これらの荷重に関する評価は、「BWR, MARK-II型格納容器圧力抑制系に加わる動荷重の評価指針」（昭和56年7月20日決定 平成2年8月30日一部改訂以下「MARK-II指針」という。）に基づいて行う。本書は、MARK-II型格納容器のサブプレッションプール水中のストレーナに作用する水力的動荷重の評価の概要について説明するものである。

## 2. 水力的動荷重の現象及び評価項目

水力的動荷重は、原子炉冷却材喪失時に発生するものと、逃がし安全弁作動時に発生するものの二つに大別される。それぞれの事象について、図2-1及び図2-2にその概要を示す。また、ストレーナにおいて考慮する水力的動荷重を表2-1に示す。

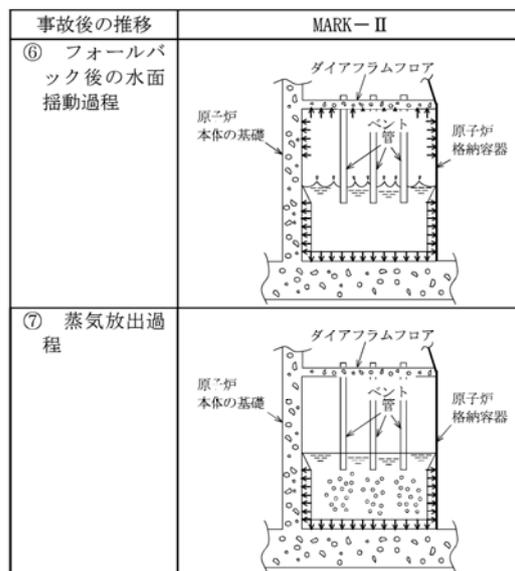
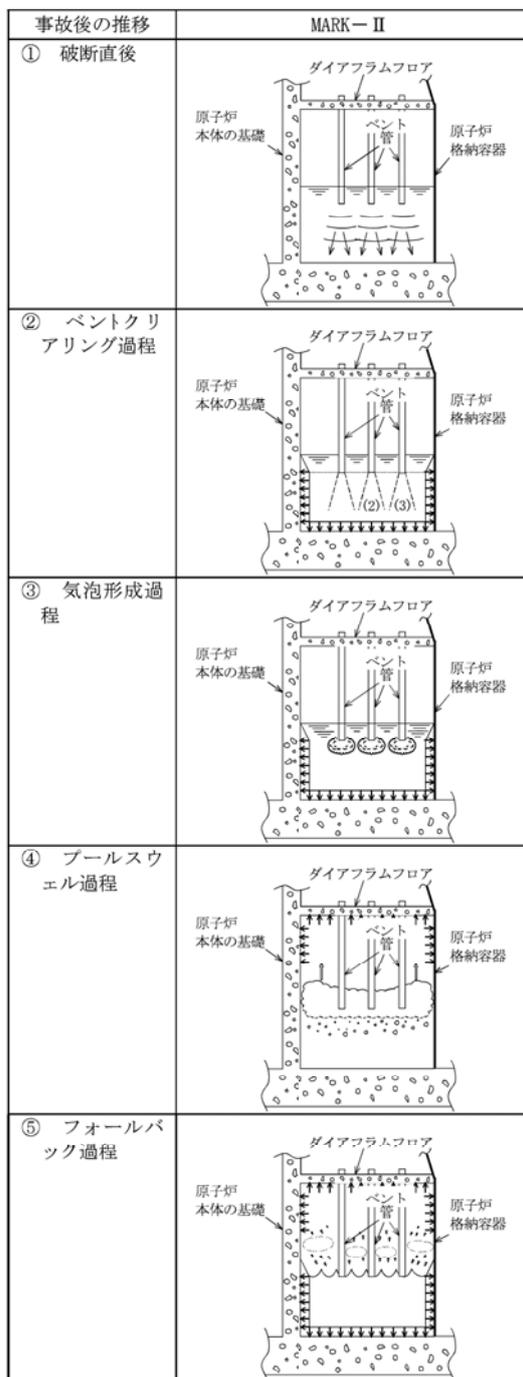


図 2-1 原子炉冷却材喪失時の動荷重現象概念

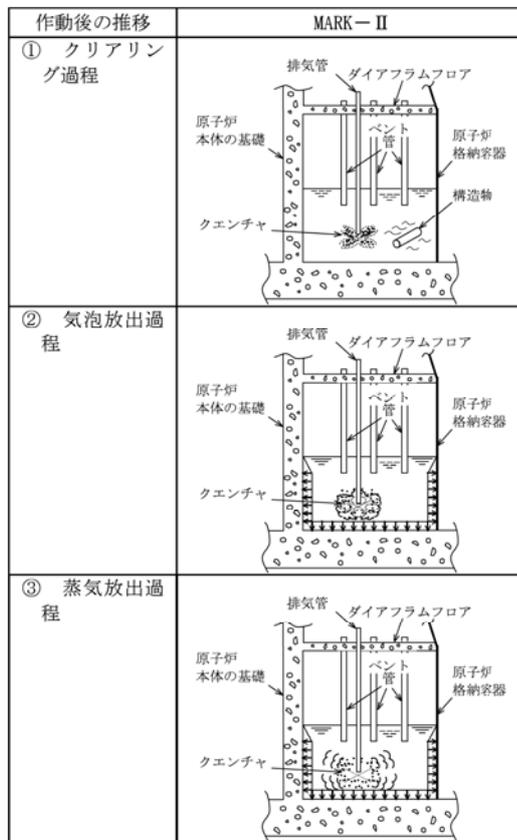


図 2-2 逃がし安全弁 (SRV) 作動時の動荷重現象概念

表 2-1 水力学的動荷重の評価項目

事象	荷重	概要	評価項目
原子炉冷却材喪失時	ベントクリアリング 気泡形成 プールスウェル (水面上昇及び気相部圧縮) フォールバック 蒸気凝縮振動 (CO) チャギング (CH)		
逃がし安全弁作動時	逃がし安全弁作動時荷重		

注記：ベントクリアリング～フォールバックまでの過程を広義の「プールスウェル」と称する。

### 3. 水力的動的荷重の評価

MARK-II 指針に示される水力的動的荷重の評価手法の概要を、表 3-1 及び表 3-2 に示す。

表 3-1 原子炉炉冷却材喪失時にストレーナに作用する動荷重 (その 1)

事故後の推移	荷重	MARK-II 動荷重 指針での番号	適用	MARK-II 動荷重指針での評価方法	荷重の評価方法	備考
①破断直後	—	—	—	—	—	
②ベントクリア リング過程	ベントクリアリングに伴うブ ール水の流動によるドラッグ 荷重	2.1.2(2)				
	ベントクリアリング時にベン ト管に加わる水平荷重	2.1.2(5)				
③気泡形成過程	気泡形成に伴うブール水の流 動によるドラッグ荷重	2.1.2(2)				
	④ブールスウェル 過程	2.1.2(2)				
	ブールスウェルに伴うブール 水の流動によるドラッグ荷重	2.1.2(2)				
	ブールスウェルに伴うウエッ トウェル気相部内の構造物に 対する衝撃荷重	2.1.2(3)				
	ブールスウェル時の真空破壊 弁への荷重	2.1.2(4)				
	ブールスウェル時にベント管 に加わるドラッグ荷重	2.1.2(6)				

表 3-1 原子炉冷却材喪失時にストレーナに作用する動荷重 (その 2)

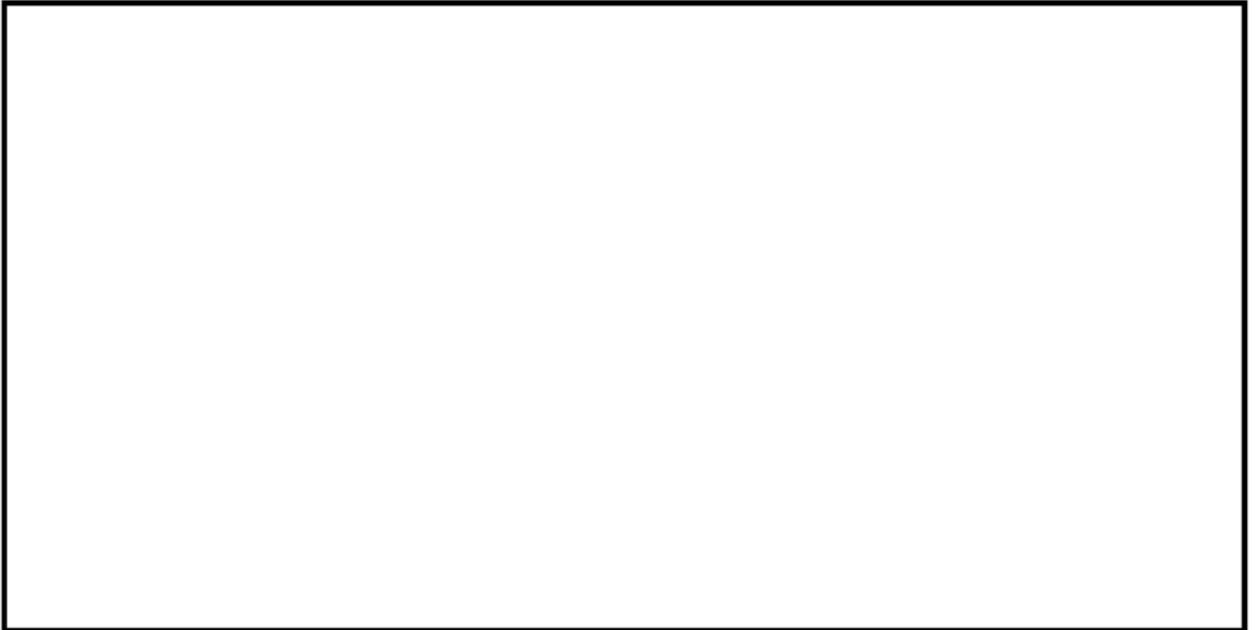
事故後の推移	荷重	MARK-II動荷重 指針での番号	適用	MARK - II 動荷重指針での評価方法	荷重の評価方法	備考
⑤フオーレルバック 過程	フオーレルバックに伴うプー ル水の流動によるドラッグ荷重	2. 1. 2(2)				
⑥フオーレルバック 後の水面振動過程	プーラスヴェル後のプー ル水の振動による荷重	2. 1. 2(7)				
⑦蒸気放出過程	蒸気凝縮に伴いベント管に 加わる水平荷重	2. 1. 2(1)				
	蒸気凝縮に伴うプー ル水の流動によるドラッグ荷重	2. 1. 2(2)				
	蒸気凝縮時の真空破滅弁への 荷重	2. 1. 2(4)				
	蒸気流によりベント管に 加わる反力による荷重	2. 1. 2(8)				

注記：②ベントクリアリリング～⑥フオーレルバックまでの過程を広義の「プーラスヴェル」と称する。

表 3-2 逃がし安全弁作動時にストレーナに作用する水力学的動荷重

事故後の推移	荷重	MARK-II動荷重 指針での番号	適用	MARK - II 動荷重指針での評価方法	荷重の評価方法	備考
①クリアリング 過程	弁の作動開始直後、排気管内 にたまっていた水のクリアリ ングによる噴流により、プー ル内構造物に加わる衝撃荷重 とドラッグ荷重	2.2.2(1)				
②気泡放出過程	クリアリングに引き続き、排 気管内にたまっていた非凝縮 性ガスがプール内に吹き出し て膨張・収縮することにより 構造物に加わるドラッグ	2.2.2(2)				
③蒸気放出過程	排気管からプールへ流入する 蒸気の凝縮が不安定となる場 合に生じる構造物へのドラッ グ荷重	2.2.2(3)				
①②③	弁作動時にクエンチャ自身に 加わる荷重	2.2.2(4)				

ストレーナに加わる水力的動荷重によるドラッグ荷重は、基本的に、に示される手法に従い算出する。



### 3.1 原子炉冷却材喪失時（LOCA 時）の水力的動荷重

原子炉冷却材喪失時（LOCA 時）のドラッグ荷重算出において、下記の点を考慮する。

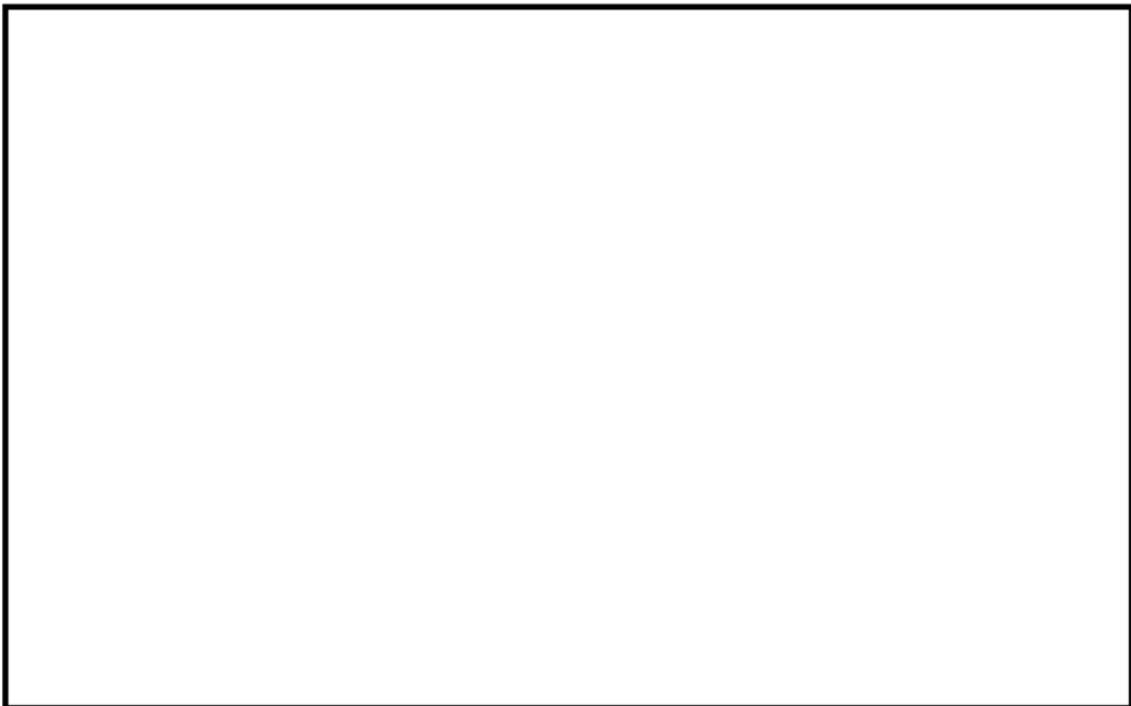


図 3-1 ベント管の鉛直面での角度及びベント管の水平面の角度

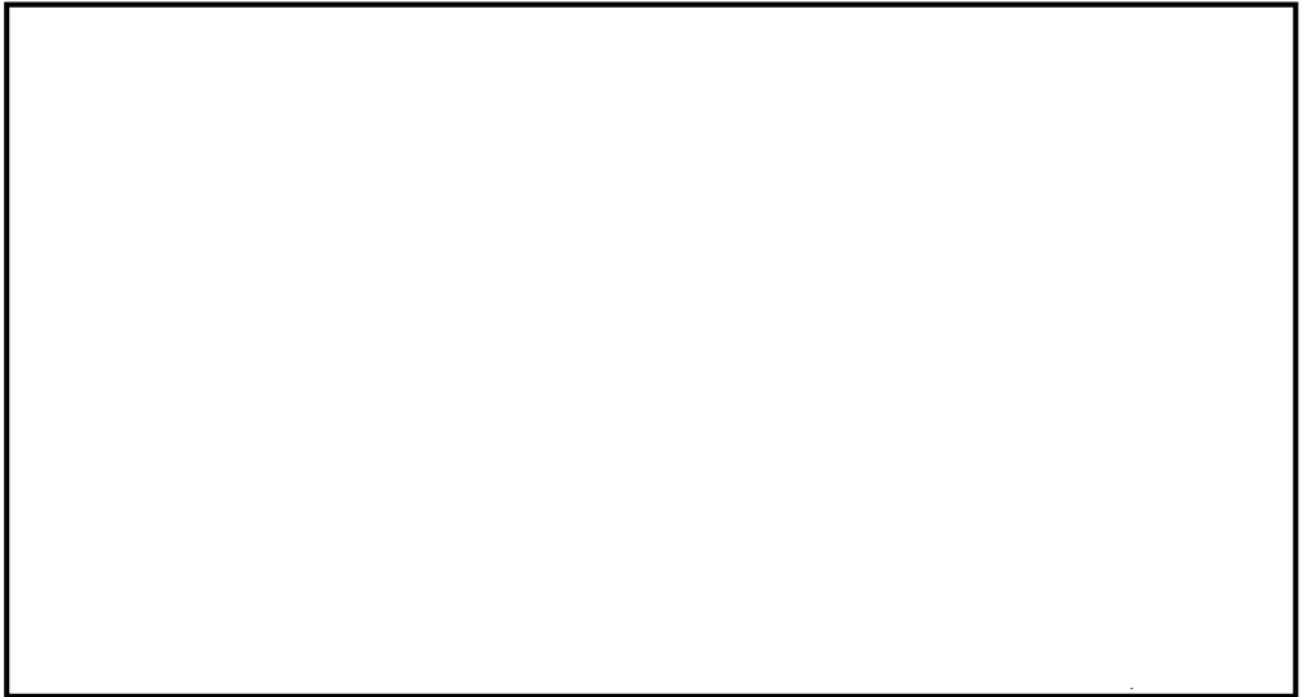


図 3-2 ストレーナ重心位置に作用する荷重



図 3-3 考慮するベント管の判定例

3.1.1

[Redacted]

(1) 荷重算出方法

ストレーナに加わるドラッグ荷重  $F_D$  は, (1)式により評価する。

$$F_D = \text{[Redacted]} \quad (1)$$

$\rho$  : プール水の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )=1000

$C_D$  : ドラッグ係数 ストレーナ軸直角方向 = [Redacted] \*

※: 対象構造物がジェット領域に部分的に含まれる場合

$A_p$  : 水ジェット影響範囲内のストレーナ投影面積 ( $\text{m}^2$ )

$U$  : 水ジェットの流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )

(2) 算出結果

[Redacted] によるストレーナの強度評価は, 次項 3.1.2 で算出される [Redacted] と本項 3.1.1 の [Redacted] との包絡値を用いて行うため, 荷重値は 3.1.2 項にまとめて示す。

3.1.2

[Redacted]

(1) 荷重算出方法

構造物に加わる荷重は, 定常ドラッグ荷重  $F_S$  (N) と加速度ドラッグ荷重  $F_A$  (N) の和とする。

$$F_S = \text{[Redacted]} \quad (2)$$

$$F_A = \text{[Redacted]} \quad (3)$$

$C_D$  : ドラッグ係数

ストレーナ軸直角方向 = [Redacted] 軸方向 = [Redacted]

$A_p$  : 対象構造物の投影面積 ( $\text{m}^2$ )

$\vec{U}$  : 対象構造物の周囲流体の速度 ( $\text{m}/\text{s}$ ), 評価条件を a. 項に示す。

$\rho$  : 対象構造物の周囲流体の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )=1000

$\vec{U}_A$  : 対象構造物の周囲流体の加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ ), 評価条件を a. 項に示す。

$V_A$  : 対象構造物の水力学的体積 ( $\text{m}^3$ )



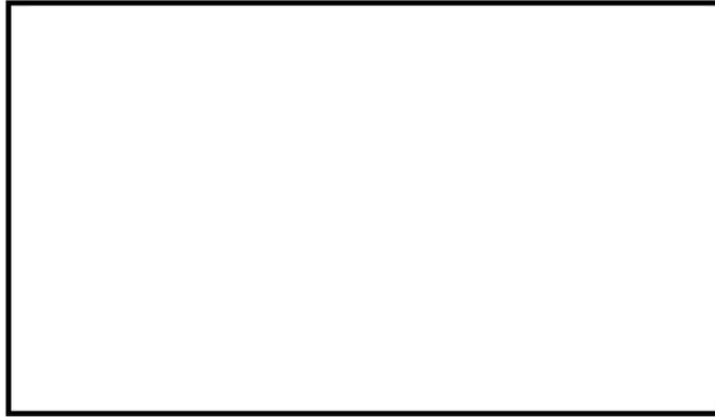


図 3-4 気泡半径

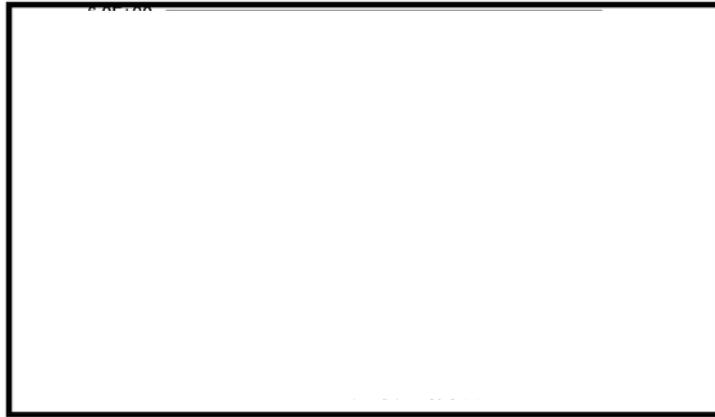


図 3-5 速度の強度  $u(t)$



図 3-6 加速度の強度  $a(t)$

(2) 関連図書

以外の関連図書を以下に示す。

1)

(3) 算出結果

各軸方向毎のドラッグ荷重の合計は、下記の値となる。

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_x = \text{} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸方向 (Y 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_y = \text{} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_z = \text{} \text{ (N)}$$

以上の計算結果を用いたストレーナの強度評価においては、ストレーナの軸方向荷重、軸直角方向荷重による応力評価を行う。

なお、軸直角方向荷重は、水平方向 (X 軸) 及び鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重を二乗和平方根にて合成した保守的な荷重を設定する。

強度評価で用いる  を以下に示す。

- ・ ストレーナ軸方向荷重

$$F_y = \text{} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向荷重

$$F_{xz} = \text{} \text{ (N)}$$

3.1.3

(1) 荷重算出方法

本ドラッグ荷重は、下記の a. 項に示す計算式 (6) より加速度ドラッグを算出し、前項 3.1.2 (1) 項に示す式 (3) を用いて [ ] を算出する。その際、式 (6) に含まれる周波数応答を考慮するため、 [ ]

[ ] を算出する。なお、 [ ]

また、ドラッグ荷重は、ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸)、ストレーナ軸方向 (Y 軸)、及びストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) の 3 軸方向の荷重として算出する。

a. 評価条件

荷重源 (ベント管先端点源) から距離  $r$  におけるストレーナの周囲流体の加速度は、下式で与えるものとする。

$$\vec{U}_A = [ ] \quad (6)$$

$A_m$  : ソース (ベント管先端点源) の振幅, CRT 試験結果の保守的な値 = [ ]  $\text{m}^3/\text{s}^2$

$\omega$  : 角速度 (rad/s),  $= 2\pi f$ ,  $f$  は周波数応答計算により 1Hz 毎の算出

$t$  : 時間 (s)

$r$  : 各ベント管中心からストレーナ重心までの距離 (m)

また、各荷重源からのストレーナの周囲流体の加速度は、ベクトル和として合成する。

(2) 関連図書

□□□□以外の関連図書を以下に示す。

1)

(3) 算出結果

各軸方向のドラッグ荷重は、下記の値となる。

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_x = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸方向 (Y 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_y = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_z = \square \text{ (N)}$$

以上の計算結果を用いたストレーナの強度評価においては、ストレーナの軸方向荷重、軸直角方向荷重による応力評価を行う。

なお、軸直角方向荷重は、水平方向 (X 軸) 及び鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重を二乗和平方根にて合成した保守的な荷重を設定する。

強度評価で用いる □□□□ を以下に示す。

- ・ ストレーナ軸方向荷重

$$F_y = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向荷重

$$F_{xz} = \square \text{ (N)}$$

3.1.4 [Redacted]

(1) 荷重算出方法

[Redacted]

本ドラッグ荷重は、下記の a. 項に示す計算式 (7) より加速度ドラッグを算出し、3.1.2 (1) 項に示す式 (3) を用いて [Redacted] を算出する。その際、式 (7) に含まれる周波数応答を考慮するため、 [Redacted] を算出する。なお、 [Redacted]

また、ドラッグ荷重は、ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸)、ストレーナ軸方向 (Y 軸)、及びストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) の 3 軸方向の荷重として算出する。

a. 評価条件

荷重源 (ベント管先端点源) から距離  $r$  におけるストレーナの周囲流体の加速度は、下式で与えるものとする。

$$\vec{U}_A = [Redacted] \quad (7)$$

- $A_m$  : ソース (ベント管先端点源) の振幅, CRT 試験結果の保守的な値 = [Redacted]  $\text{m}^3/\text{s}^2$
- $\omega$  : 角速度 (rad/s),  $= 2\pi f$ ,  $f$  は周波数応答計算により 1Hz 毎の算出
- $t$  : 時間 (s)
- $r$  : 各ベント管中心からストレーナ重心までの距離 (m)

また、各荷重源からのストレーナの周囲流体の加速度は、ベクトル和として合成する。

(2) 関連図書

□□□□以外の関連図書を以下に示す。

1)

(3) 算出結果

各軸方向のドラッグ荷重は、下記の値となる。

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_x = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸方向 (Y 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_y = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_z = \square \text{ (N)}$$

以上の計算結果を用いたストレーナの強度評価においては、ストレーナの軸方向荷重、軸直角方向荷重による応力評価を行う。

なお、軸直角方向荷重は、水平方向 (X 軸) 及び鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重を二乗和平方根にて合成した保守的な荷重を設定する。

強度評価で用いる □□□□ を以下に示す。

- ・ ストレーナ軸方向荷重

$$F_y = \square \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向荷重

$$F_{xz} = \square \text{ (N)}$$

### 3.2 逃がし安全弁 (SRV) 作動時の水力学的動荷重

逃がし安全弁 (SRV) 作動時のドラッグ荷重算出において、下記の点を考慮する。

#### 3.2.1

プール水中の構造物に対しては、

が作用する。この逃がし安全弁 (SRV) 作動時、

を算出する。

#### (1) 荷重算出方法

構造物に加わる荷重は、気泡とストレーナの距離関係及び記号を図 3-7 のように定め、(10)式により求める圧力荷重  $\Delta P_{\max}$  (Pa) と(11)式により求めるドラッグ荷重  $P_{D\max}$  (Pa) の和として、(8)及び(9)式により評価する。

$$F_{\max} = \text{[ ]} \quad (8)$$

$$P_{\max} = \text{[ ]} \quad (9)$$

$$\Delta P_{\max} = \text{[ ]} \quad (10)$$

$$P_{D\max} = \text{[ ]} \quad (11)$$

$R_q$  : クエンチャ半径 (m) = [ ]

$r_o$  : 気泡半径 (m) = [ ]

$r_l$  : クエンチャ中心点からストレーナ表面の距離 (m)

$a$  : ストレーナの巾 (m)

$\rho$  : プール水の密度 (kg/m<sup>3</sup>) = 1000

$C_D$  : ドラッグ係数

ストレーナ軸直角方向 = [ ] 軸方向 = [ ]

$A_p$  : ストレーナの投影面積 (m<sup>2</sup>)

$P_{O\max}$  : 気泡最大圧力 (Pa) a. 項に示す。

$V_{1-\max}$  : 流体速度 (m/s) = [ ]

$V_0$  : 最大気泡表面速度 (m/s) a. 項に示す。

#### a. 評価条件

気泡振動時の荷重評価に用いる気泡の最大圧力は、下記を用いるものとする。

また、流体速度は、建設時工認設定値が十分に保守的な値であるため、下記の値を用いることとする。

気泡最大圧力  $P_{O\max} = \text{[ ]}$  (kPa)

最大気泡表面速度  $V_0 = \text{[ ]}$  (m/s)

(2) 関連図書

以外の関連図書を以下に示す。

1)

図 3-7 気泡とストレーナの距離関係及び記号

(3) 算出結果

各軸方向毎のドラッグ荷重の合計は、下記の値となる。

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ水平方向 (X 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_x = \boxed{\phantom{000000}} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸方向 (Y 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_y = \boxed{\phantom{000000}} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向かつ鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重の合計

$$F_z = \boxed{\phantom{000000}} \text{ (N)}$$

以上の計算結果を用いたストレーナの強度評価においては、ストレーナの軸方向荷重、軸直角方向荷重による応力評価を行う。

なお、軸直角方向荷重は、水平方向 (X 軸) 及び鉛直方向 (Z 軸) ドラッグ荷重を二乗和平方根にて合成した保守的な荷重を設定する。

強度評価で用いる  $F_{xz}$  を以下に示す。

- ・ ストレーナ軸方向荷重

$$F_y = \boxed{\phantom{000000}} \text{ (N)}$$

- ・ ストレーナ軸直角方向荷重

$$F_{xz} = \boxed{\phantom{000000}} \text{ (N)}$$

—以 上—

別紙 水力学的動荷重算出における計算条件

- (1) ドラッグ係数  $C_D$  の設定根拠
- (2) ストレーナの投影面積の算出方法
- (3) ストレーナの加速度体積の算出方法

(1) ドラッグ係数  $C_D$  の設定根拠

本ストレーナにおけるドラッグ係数は、 に示される値を使用する。本数値は、 を含んだ値である。

$$\begin{aligned} \text{ストレーナ軸直角方向 } C_D &= \text{} \\ \text{ストレーナ軸方向 } C_D &= \text{} \end{aligned}$$

(2) ストレーナの投影面積の算出方法

ストレーナの投影面積は、外観形状が円筒形のストレーナにおいて、軸方向及び軸直角方向に対し算出する。

ストレーナの軸方向の投影面積はディスクの円形面の面積とする。

ストレーナの軸直角方向の投影面積は、  
 とする。

(3) ストレーナの加速度体積の算出方法

ストレーナの加速度体積は、 に示される数値を用いる。本数値は、 が実施した解析結果を用いて設定されたものであり、 $D/L = \text{}$  で定義され、下式により算出される。

$$V_A = \text{}$$

ここで、 $D$  : ストレーナの直径

$R$  : ストレーナの半径

$L$  : トップディスク上面からフランジ上面までの長さ

$\alpha$  :  $D/L = \text{}$  で求まる定数

$\beta$  :  $D/L = \text{}$  で求まる定数

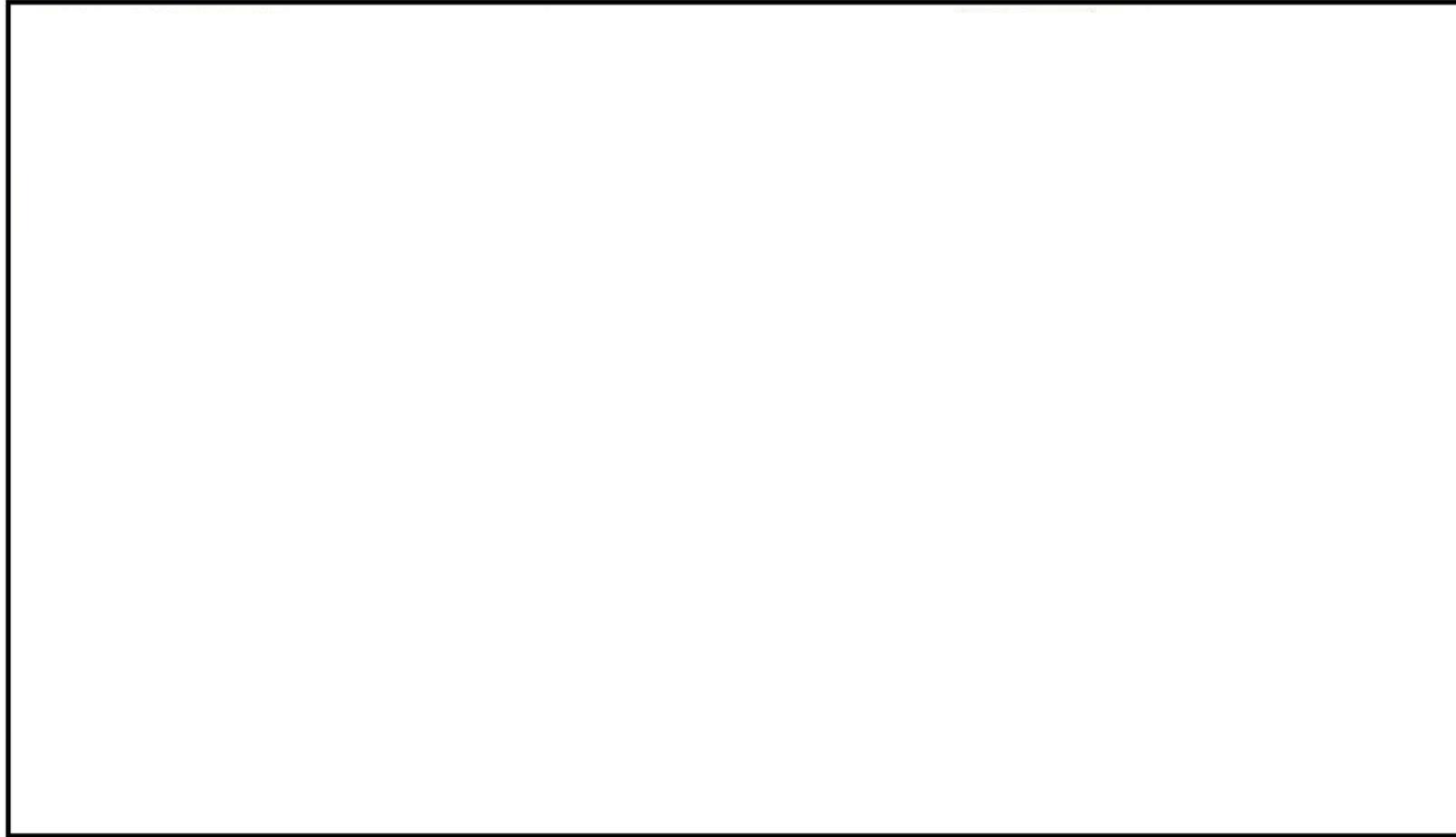
また、ストレーナは多孔プレート構造のため、多孔効果による荷重低減を行うことができる。 では、これを  として下記を設定している。

- ・ 軸直角方向
- ・ 軸方向

よって、最終的なストレーナの加速度体積は下式となる。

$$V_A = \text{}$$

# 水力学的质量算出 参考 (1/2)



# 水力学的质量算出 参考 (2/2)

