

発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の  
型式証明申請（特定兼用キャスク）に関する  
判断事項・指示事項への回答

**[CASTOR<sup>®</sup> geo26JP型]**

**第4条、第5条、第6条**

2023年8月8日

# 1. 判断事項・指示事項リスト（本書面審査での回答分※）

No	受領日	判断事項・指示事項	区分	回答	対応状況
1	2023/3/16 書面審査	<p>〔キャスク溝部とキャスク下部固定装置接触部の強度評価の成立性〕</p> <p>キャスクの固定方法の耐震性を告示地震力を用いた静的解析で評価することについて、本方式によるキャスクの固定は国内では初めてであり、「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」、「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」、「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」に関して、詳細に説明すること。また、溝部と舌部の隙間が存在した場合、地震時に動的な挙動や荷重の集中が発生する可能性があると考えられるため、当該構造強度の評価方法の妥当性について、公開知見などにより説明すること。</p>	第4条地震	<p>①「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」については、下部トラニオンの上部付近に四方向から舌部がキャスク溝部に嵌め込まれ、連続して接続する設計である。</p> <p>②「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」については、舌部が溝部に隙間なく嵌め込まれ、上下動が制限される設計である。</p> <p>③「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」については、固定装置が[ ]により、キャスク本体下部に四方向から押し付けられ、囲み、貯蔵架台に固定されることで、水平方向の移動が制限される設計である。</p> <p>④溝部と舌部の隙間は存在しない設計とする。本条件は原子炉設置（変更）許可申請で確認を受ける事項とする。</p>	本書面審査資料で説明
2	2023/3/16 書面審査	<p>〔底板及び放熱フィン等に係る安全評価の考え方〕</p> <p>申請書第1～7表の評価結果において、臨界防止及び遮蔽の項目で示す「底板」の役割を説明すること。また、底板への荷重のかかり方についても説明すること。</p>	共通 第4条地震	<p>①バスケット底板の役割は、H-ビーム、バスケット側板及びエッジセグメントで構成されたものを、コーナーエレメントとともに固定するものである。バスケット底板には、バスケット及び使用済燃料集合体の全重量が圧縮力としてかかる。</p>	本書面審査資料で説明
	2023/3/16 書面審査	<p>〔底板及び放熱フィン等に係る安全評価の考え方〕</p> <p>「機能維持評価結果のまとめ」において、「ボアホール部及び放熱フィン部に発生する応力は、キャスク本体胴に発生する応力となる。キャスク本体胴の断面積は固定装置とキャスク下部が接触する部分の断面積より大きい<del>ため</del>、キャスク胴に発生する応力はキャスク下部接触部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。」としていることについて、図等を用いて詳細に説明すること。</p>	第4条地震	<p>②放熱フィン等概要資料 P.17、補足説明資料1～2 別紙1 P9のなお書きの表現を見直す（別紙PPT参照）。</p> <p>すなわち、左記の下線の部分を次のようにする。  <u>キャスク本体胴の断面積は固定装置の舌部が接触する部分の面積より大きい</u>ため、キャスク本体胴に発生する応力は溝部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。</p>	本書面審査資料で説明

※ 書面審査での判断事項・指示事項及び審査会合で受けた指摘事項のリストは別資料にて示す。

## 2. 指示事項への回答

### No.1 キャスク溝部とキャスク下部固定装置接触部の強度評価の成立性①接続方法

指示 キャスクの固定方法の耐震性を告示地震力を用いた静的解析で評価することについて、本方式によるキャスクの固定は国内では初めてであり、「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」、「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」、「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」に関して、詳細に説明すること。

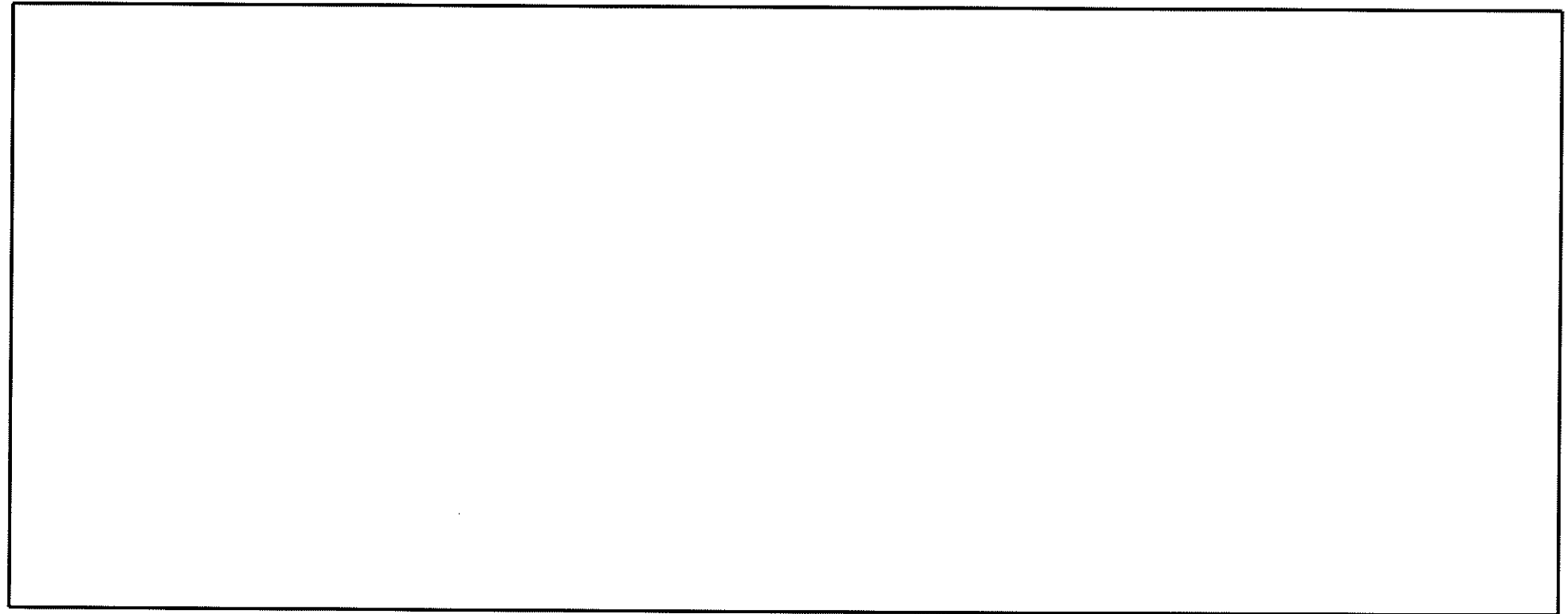
回答①「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」については、下部トラニオンの上部付近に四方向から舌部がキャスク溝部に嵌めこまれ、連続して接続する設計である。

## 2. 指摘事項への回答

### No.1 キャスク溝部とキャスク下部固定装置接触部の強度評価の成立性②上下動制限

指示 キャスクの固定方法の耐震性を告示地震力を用いた静的解析で評価することについて、本方式によるキャスクの固定は国内では初めてであり、「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」、「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」、「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」に関して、詳細に説明すること。

回答②「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」については、舌部が溝部に隙間なく嵌め込まれ、上下動が制限される設計である。



## 2. 指摘事項への回答

### No.1 キャスク溝部とキャスク下部固定装置接触部の強度評価の成立性③水平方向の移動制限

指示 キャスクの固定方法の耐震性を告示地震力を用いた静的解析で評価することについて、本方式によるキャスクの固定は国内では初めてであり、「固定装置の舌部とキャスク溝部の接続方法」、「固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことによる上下動の制限」、「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」に関して、詳細に説明すること。

回答③「固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動の制限」については、固定装置が  により、キャスク本体下部に四方向から押し付けられ、囲み、貯蔵架台に固定されることで、水平方向の移動が制限される設計である。

## 2. 指摘事項への回答

### No.1 キャスク溝部とキャスク下部固定装置接触部の強度評価の成立性

指示 溝部と舌部の隙間が存在した場合、地震時に動的な挙動や荷重の集中が発生する可能性があると考えられるため、当該構造強度の評価方法の妥当性について、公開知見などにより説明すること。

回答 溝部と舌部の隙間は存在しない設計としているので、地震時に動的な挙動や荷重の集中が発生する可能性は、ないと考えている。溝部と舌部の隙間は存在しないことを示すために、溝部に隙間なく舌部が入るクランプシステムを考える。

しかしながら、ご指摘のとおり、溝部と舌部の隙間が存在した場合のFEM計算結果を参考資料として、文末に示す。

なお、キャスク下部固定装置の設計は、原子炉設置（変更）許可申請で確認を受ける事項とする。

## 2. 指摘事項への回答

### No.2 底板及び放熱フィン等に係る安全評価の考え方 ①底板

指示事項 申請書第1-7表の評価結果において、臨界防止及び遮蔽の項目で示す「底板」の役割を説明すること。また、底板への荷重のかかり方についても説明すること。

項目			評価結果	設計基準値	
地震	構造強度 /遮蔽/除熱/閉じ込め	地震時の発生 応力	胴 (溝部)	52MPa (せん断) 138MPa (曲げ)	93MPa (せん断) 161MPa (曲げ)
			胴 (下部接触部)	45MPa	161MPa
	臨界防止 /遮蔽	地震時の発生 応力	H-ビーム	32MPa	157MPa
			コーナーエレメント、 バスケットの側板及び 底板	2MPa 未満	114MPa
	閉じ込め	地震時の発生 応力	一次蓋密封シール部	31MPa	155MPa
			一次蓋ボルト	334.7MPa	913.4MPa
一次蓋の慣性力			$1.427 \times 10^5 \text{ N}$	$3.456 \times 10^6 \text{ N}$	
竜巻 (注1)	臨界防止	竜巻荷重による発生応力	H-ビーム	86MPa	157MPa
			コーナーエレメント、 バスケットの側板及び 底板	2MPa 未満	114MPa
	遮蔽/除熱	竜巻荷重による発生応力	キャスク本体	77MPa	155MPa
	閉じ込め	竜巻荷重による発生応力	一次蓋密封シール部	31MPa	155MPa
一次蓋ボルト			410MPa	913MPa	

(注1) 津波漂流物の衝撃荷重 (津波荷重: 5.51MN) は竜巻飛来物の衝撃荷重 (竜巻荷重: 8.45MN) (注2) より小さいので、津波漂流物の評価は竜巻飛来物の評価に包絡される。

(注2) 設計飛来物のうち、竜巻荷重が最も大きいトラックの値である。

バスケット底板付近の詳細図を下図に示す。

バスケット底板の役割は、H-ビーム、バスケット側板及びエッジセグメント等で構成されたものを、コーナーエレメントとともに固定するものである。バスケット底板には、バスケット及び使用済燃料集合体の全重量が圧縮力としてかかる。

また、注水時にバスケット底板部分の穴及びH-ビームの穴を経由して、すべての水ギャップに水を満たすための役割も持つ。

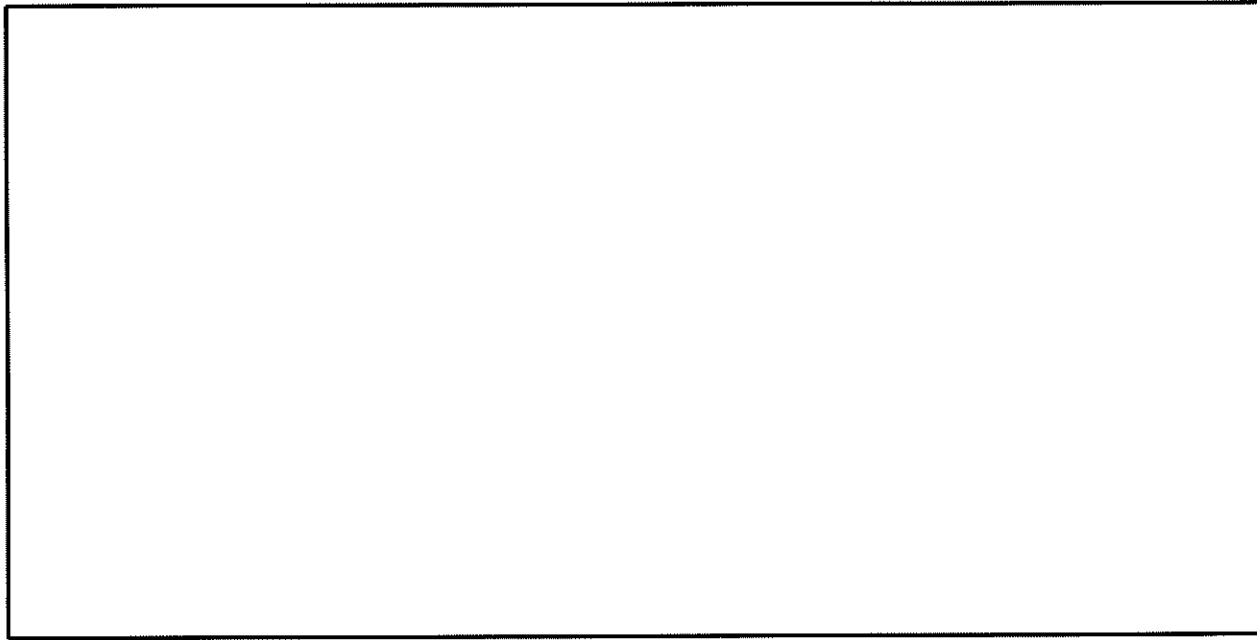
## 2. 指摘事項への回答

### No.2 底板及び放熱フィン等に係る安全評価の考え方 ②放熱フィン等

- 指示事項「機能維持評価結果のまとめ」において、「ボアホール部及び放熱フィン部に発生する応力は、キャスク本体胴に発生する応力となる。キャスク本体胴の断面積は固定装置とキャスク下部が接触する部分の断面積より大きいため、キャスク胴に発生する応力はキャスク下部接触部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。」としていることについて、図等を用いて詳細に説明すること。
- 回答: 下線部を次のように見直す。
- キャスク本体胴の断面積は固定装置の舌部が接触する部分の面積より大きいため、キャスク本体胴に発生する応力は溝部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。
- 下記及び次ページにおいて、図等を用いて詳細に説明する。
- ボアホール及び表面の除熱フィンの位置におけるキャスク断面積Aは、  
 $A = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^2$  である。
- 一方、キャスク固定装置の舌部がキャスク溝部に接触する部分の面積 $A_r$ は、  
 $A_r = \boxed{\phantom{00000}} \text{ mm}^2$  である。
- すなわち、 $A > A_r$  であり、キャスク本体胴に発生する応力は溝部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。



# 質問への回答 1/2



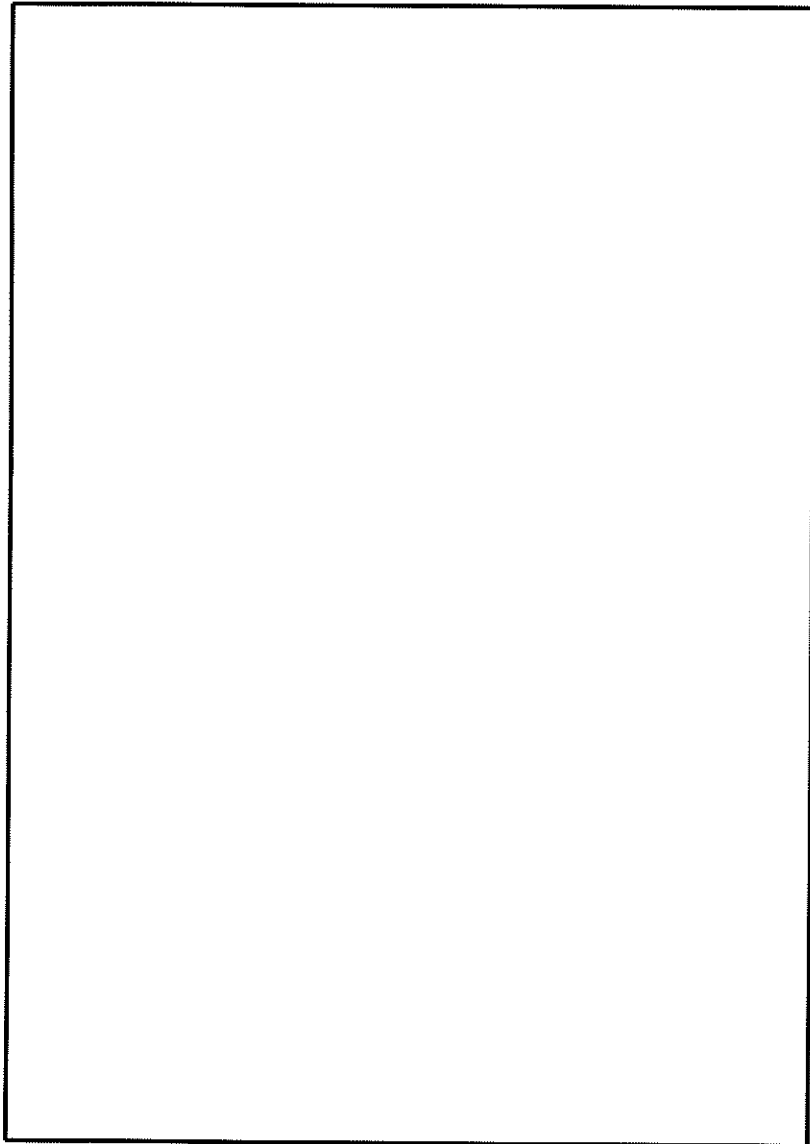
キャスク外表面のフィン先端の高さにおけるキャスク断面積Aは、 $A = \boxed{\phantom{000000}}$  mm<sup>2</sup>.

$$A \text{に作用する加速度は、 } a = \sqrt{a_{\text{hori}}^2 + a_{\text{verti}}^2} = \sqrt{(2.35 \text{ g})^2 + (1.64 \text{ g})^2} = 2.9 \text{ g}$$

$$A \text{に作用する力 } F \text{は、 } F = m \cdot g \cdot a = 120 \text{ t} \cdot 9,810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} \cdot 2.9 = 3,413,880 \text{ N}.$$

$$A \text{に作用する応力 } \sigma \text{は、 } \sigma = \frac{F}{A} = \frac{3,413,880 \text{ N}}{\boxed{\phantom{000000}}} = \boxed{\phantom{000000}}.$$

# キャスク固定装置の舌部が溝部に接触する部分の応力



表A1-3 応力評価計算条件（補足説明資料TR-02 R3より一部引用）

項目	記号	単位	値
鉛直方向荷重	$F_{vert}=F_{Fix.4}$	N	2,200,586
曲げモーメント長さ	l	mm	
せん断面の厚さ/高さ	h	mm	
せん断面の幅	b	mm	
水平方向荷重	$F_{hor}$	N	2,766,420
キャスク下部固定装置接触部の面積	$A_b$	mm <sup>2</sup>	
キャスク固定装置舌接触部の面積	$A_r$	mm <sup>2</sup>	

$$\sigma_{shear} = F_{vert} / A_r = 2,200,586 \text{ N} /$$

ここで、 $A_r = b \cdot h =$

$$\sigma_{bend} = M / W =$$

ここで、 $M = l \cdot F_{vert} =$

$$W = b \cdot h^2 / 6 =$$

キャスク本体胴に発生する応力は溝部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。

---

ご清聴ありがとうございました！



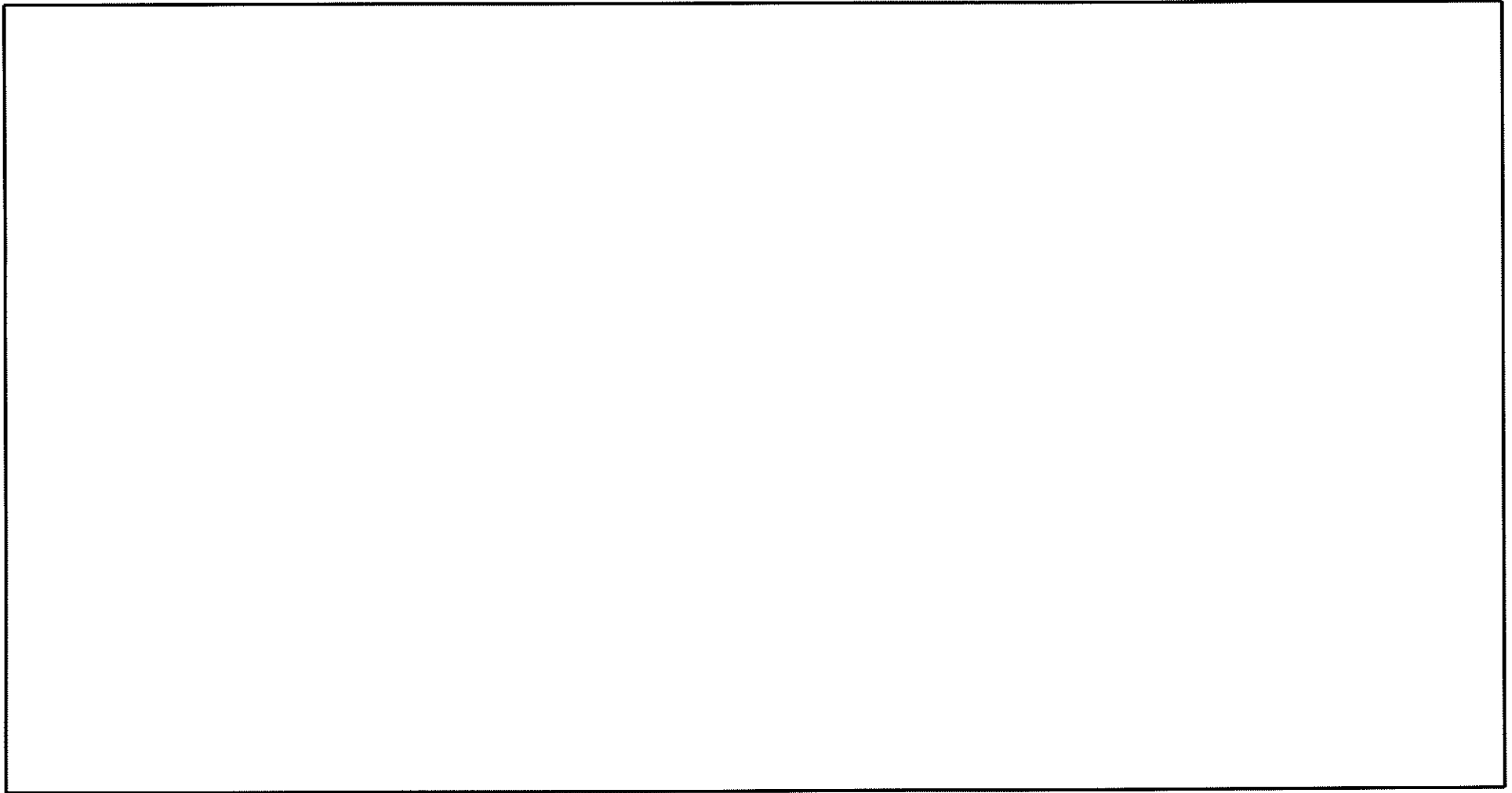
---

## 以降、参考資料

(キャスク本体溝部と固定装置舌部の間に□の隙間があると仮定した場合の有限要素法(ANSYS)による静的評価結果)

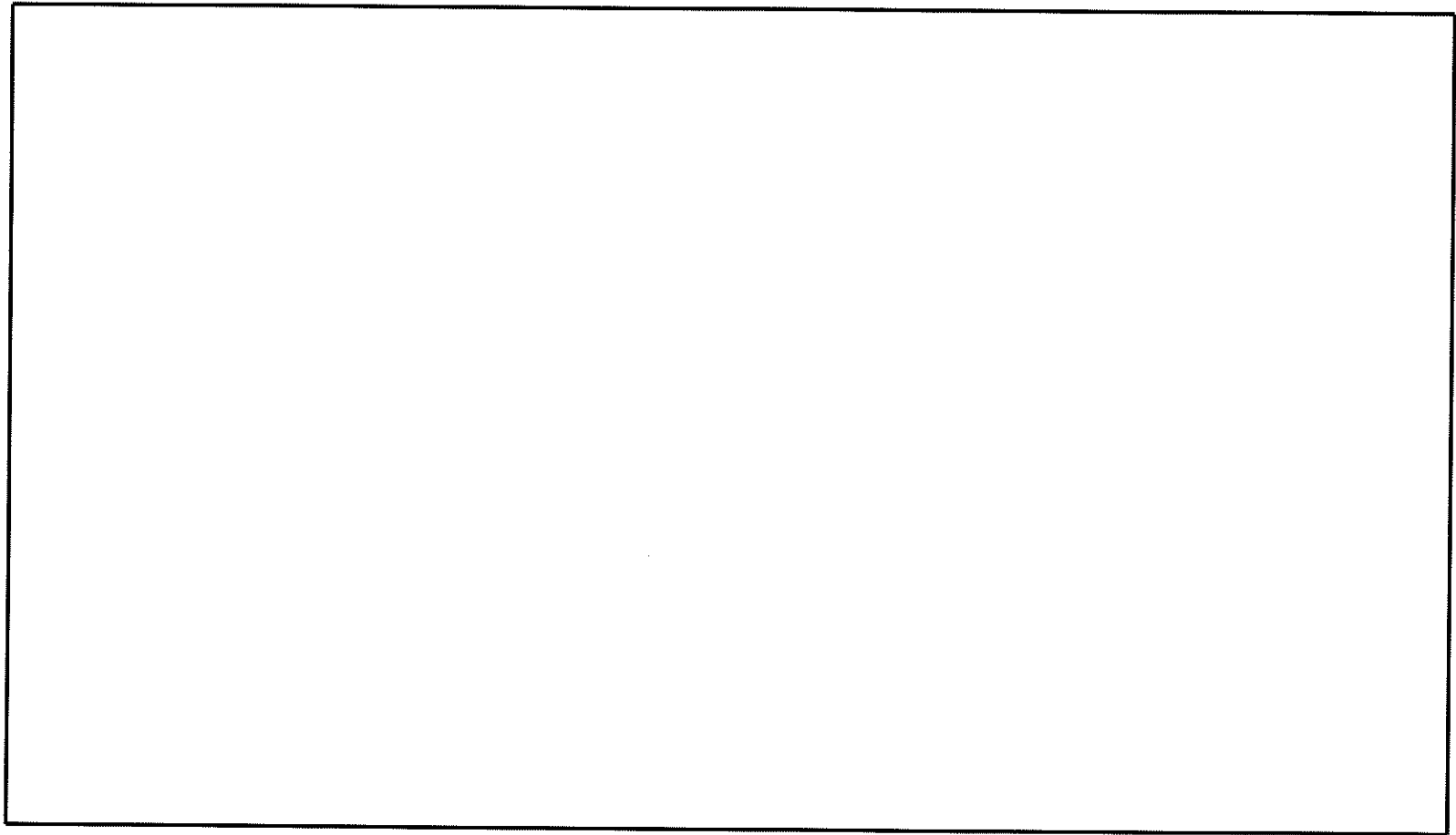
## 地震時に固定装置舌部からキャスク本体溝部に作用する力

---

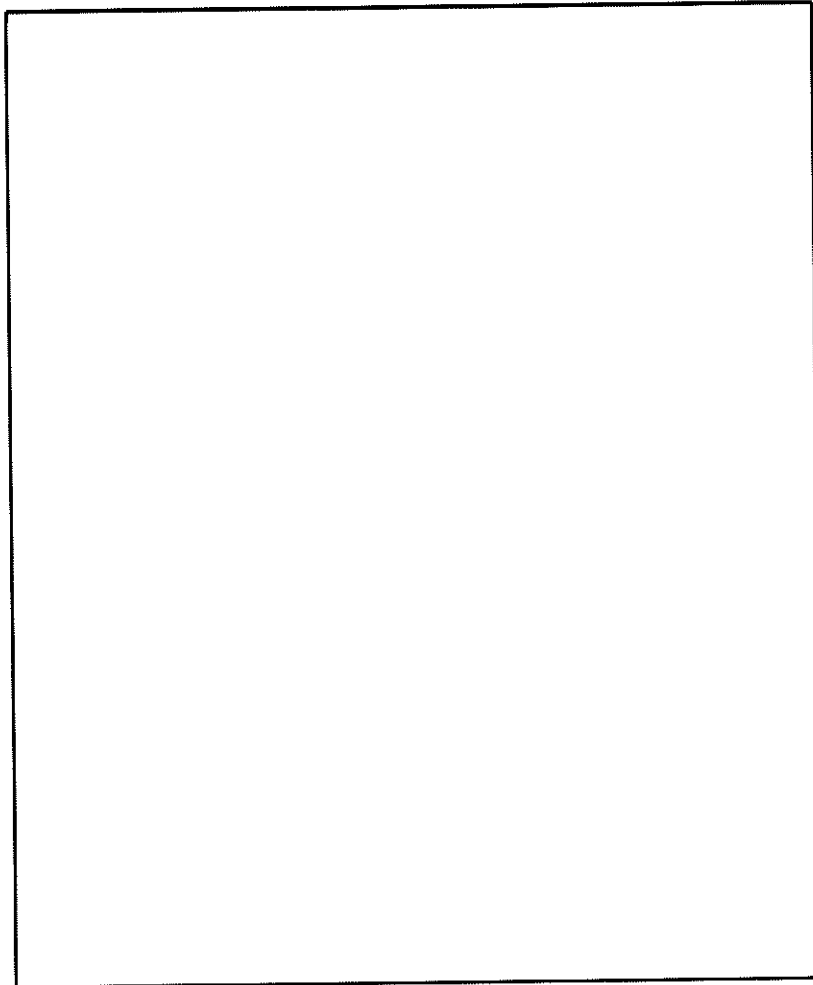


# キャスク固定装置の舌部の奥に「へこみ」をつける

- 「へこみ」により、溝部への荷重のかかる位置がキャスク本体に近づく。さらに、舌部の長さが短くなることで、キャスク本体の溝部に発生する曲げ応力が小さくなる。

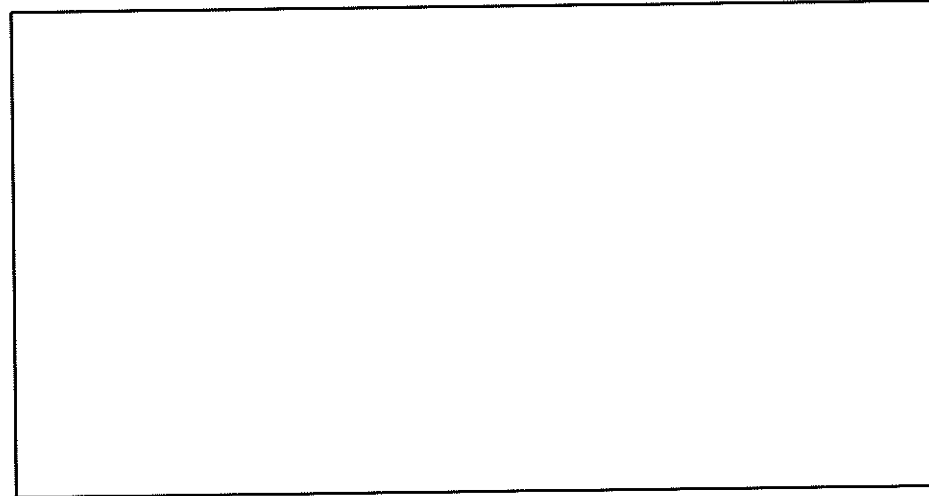


キャスク本体溝部と固定装置舌部との間に  の隙間がある場合の応力計算結果

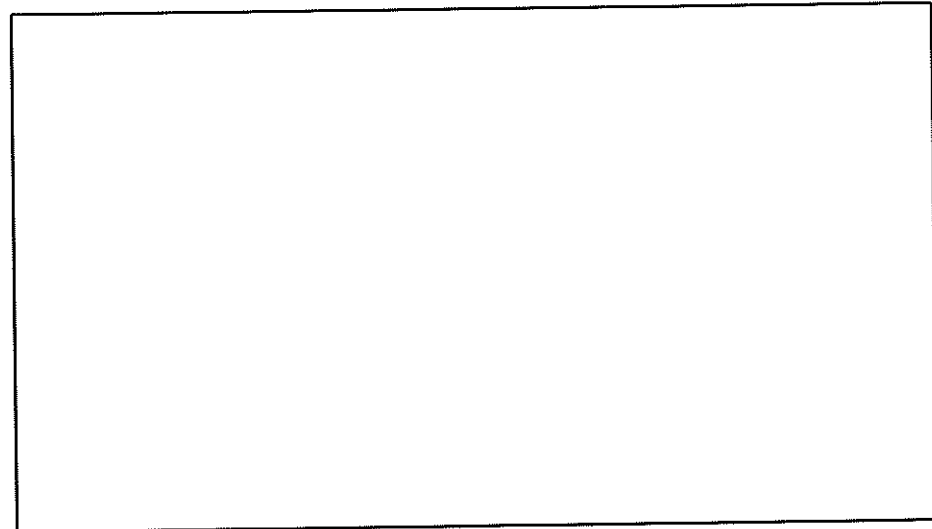


相対変位図 - 単位 [mm] → すべて弾性範囲

応力負荷率：発生応力/許容応力



$\sigma_m = 64 \text{ MPa}$  ( $< 160 \text{ MPa}$ ; 応力負荷率 40%)  
 $\sigma_m + \sigma_b = 87 \text{ MPa}$  ( $< 160 \text{ MPa}$ ; 応力負荷率 54%)



$\sigma_m = 111 \text{ MPa}$  ( $< 160 \text{ MPa}$ ; 応力負荷率 69%)