

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>別紙9-1 補足説明資料</p> <p style="text-align: center;">目次</p> <p>1. 水平2 方向同時加振の影響評価について (原子炉圧力容器スタビライザ) ……………1</p> <p>2. 水平2 方向同時加振の影響評価について (蒸気乾燥器支持ブラケット) ……………4</p> <p>3. 水平2 方向同時加振の影響評価について (制御棒・破損燃料貯蔵ラック) ……………6</p> <p>4. 水平2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器) ……………8</p> <p>5. <u>水平2 方向同時加振の影響評価について (ダイヤフラムフロア)</u> ……………20</p> <p>6. 水平2 方向同時加振の影響評価について (燃料取替機) ……………24</p> <p>7. 水平2 方向同時加振の影響評価について (矩形配置されたボルト) ……………25</p> <p>8. 水平2 方向同時加振の影響評価について (電気盤) ……………31</p>	<p>補足説明資料</p> <p style="text-align: center;">目次</p> <p>1 水平2 方向同時加振の影響評価について (原子炉圧力容器スタビライザ及び原子炉格納容器スタビライザ)</p> <p>2 水平2 方向同時加振の影響評価について (蒸気乾燥器支持ブラケット)</p> <p>3 水平2 方向同時加振の影響評価について (制御棒・破損燃料貯蔵ラック)</p> <p>4 水平2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)</p> <p>5 水平2 方向同時加振の影響評価について (燃料交換機)</p> <p>6 水平2 方向同時加振の影響評価について (応答軸が明確である設備)</p> <p>7 水平2 方向同時加振の影響評価について (正方形配置されたボルト)</p> <p>8 水平2 方向同時加振の影響評価について (電気盤)</p>	<p>別紙10-1 補足説明資料</p> <p style="text-align: center;">目次</p> <p>1. 水平2 方向同時加振の影響評価について (原子炉圧力容器スタビライザ、<u>原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグ</u>)</p> <p>2. 水平2 方向同時加振の影響評価について (<u>ドライヤ</u>支持ブラケット)</p> <p>3. 水平2 方向同時加振の影響評価について (制御棒・破損燃料貯蔵ラック)</p> <p>4. 水平2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)</p> <p>5. 水平2 方向同時加振の影響評価について (燃料取替機)</p> <p>6. <u>水平2 方向同時加振の影響評価について (応答軸が明確である設備)</u></p> <p>7. 水平2 方向同時加振の影響評価について (<u>矩形配置されたボルト</u>)</p> <p>8. <u>水平2 方向同時加振の影響評価について (円周配置されたボルト)</u></p> <p>9. 水平2 方向同時加振の影響評価について (電気盤)</p>	<p>備考</p> <p>・炉型の違い 【柏崎 6/7】 柏崎 6/7 には原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグが存在しない (以下, ⑩の相違)</p> <p>・炉型の違い 【柏崎 6/7】 島根 2号炉にはダイヤフラムフロアが存在しない (以下, ⑬の相違)</p> <p>・記載の充実 【柏崎 6/7】 島根 2号炉では応答軸が明確である設備について補足説明資料を作成している (以下, ⑭の相違)</p> <p>・記載の充実 【柏崎 6/7, 女川 2】 島根 2号炉では円周配置されたボルトについて補足説明資料を作成している (以下, ⑮の相違)</p>

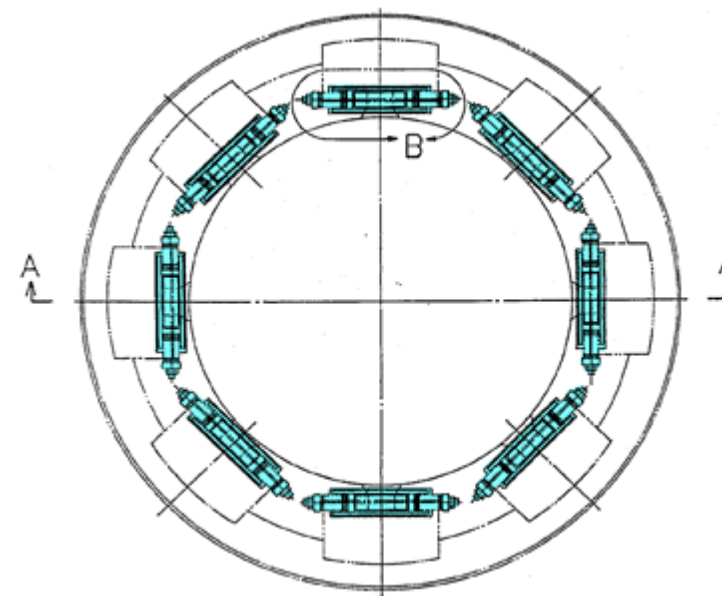
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>1 水平2方向同時加振の影響評価について(原子炉圧力容器スタビライザ)</p> <p>1.1 はじめに</p> <p>本項は、原子炉圧力容器スタビライザ(以下「RPVスタビライザ」という。)に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>1.2 現行評価の手法</p> <p>RPVスタビライザは、周方向45°間隔で8体配置されており、<u>第1-1図</u>に地震荷重と各RPVスタビライザが分担する荷重の関係を示す。</p> <p>水平方向の地震荷重に関して現行評価では、RPVスタビライザ6体に各水平方向地震力(X方向、Y方向)の最大地震力が<u>負荷</u>されるものとしている。</p> $f = \text{MAX} \left(\frac{F_x}{4}, \frac{F_y}{4} \right)$ <p>ここで、</p> <p>f : RPVスタビライザ1個が受け<u>もつ</u>最大地震荷重</p> <p>F_x : X方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重</p> <p>F_y : Y方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重</p>	<p>1 水平2方向同時加振の影響評価について(原子炉圧力容器スタビライザ及び原子炉格納容器スタビライザ)</p> <p>1.1 はじめに</p> <p>本項は、原子炉圧力容器スタビライザ(以下「RPVスタビライザ」という。)及び原子炉格納容器スタビライザ(以下「PCVスタビライザ」という。)に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>RPVスタビライザとPCVスタビライザは、地震時の水平方向荷重を周方向45°間隔で8体の構造部材にて支持する同様の設計であるため、以下水平2方向同時加振の影響については、RPVスタビライザを代表に記載する。</p> <p>1.2 現行評価の手法</p> <p>RPVスタビライザは、周方向45°間隔で8体配置されており、<u>第1-1図</u>に地震荷重と各RPVスタビライザが分担する荷重の関係を示す。</p> <p>水平方向の地震荷重に関して、<u>現行評価</u>ではRPVスタビライザ6体に各水平方向(X方向、Y方向)の最大地震力が<u>負荷</u>されるものとしている。</p> $f = \text{MAX} \left(\frac{F_x}{4}, \frac{F_y}{4} \right)$ <p>ここで、</p> <p>f : RPVスタビライザ1個が受け<u>もつ</u>最大地震荷重</p> <p>F_x : X方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重</p> <p>F_y : Y方向地震よりスタビライザ全体に発生する荷重</p>	<p>1. 水平2方向同時加振の影響評価について(原子炉圧力容器スタビライザ、<u>原子炉格納容器スタビライザ及びシヤラグ</u>)</p> <p>1.1 はじめに</p> <p>本項は、原子炉圧力容器スタビライザ(以下「RPVスタビライザ」という。)<u>(第1-1図)</u>、<u>原子炉格納容器スタビライザ(以下「PCVスタビライザ」という。)(第1-2図)</u>及びシヤラグ<u>(第1-3図)</u>に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p><u>RPVスタビライザ、PCVスタビライザ及びシヤラグは、地震時の水平方向荷重を周方向45°間隔の8体の構造部材にて支持する同様の設計であるため、以下水平2方向同時加振の影響については、RPVスタビライザを代表に記載する。</u></p> <p>1.2 現行評価の手法</p> <p>RPVスタビライザは、周方向45°間隔で8体設置されており、<u>第1-4図</u>に地震荷重と各RPVスタビライザが分担する荷重の関係を示す。</p> <p>水平方向の地震荷重に関して現行評価では、RPVスタビライザ6体に各水平方向<u>地震力</u>(X方向、Y方向)の最大地震力が<u>付加</u>されるものとしている。</p> $f = \text{MAX} \left(\frac{F_x}{4}, \frac{F_y}{4} \right)$ <p>ここで、</p> <p>f : RPVスタビライザ1個が受け<u>持つ</u>最大地震荷重</p> <p>F_x : X方向地震によりスタビライザ全体に発生する荷重</p> <p>F_y : Y方向地震によりスタビライザ全体に発生する荷重</p>	<p>・炉型の違い</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>⑫の相違</p> <p>・炉型の違い</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>⑫の相違</p> <p>・炉型の違い</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>⑫の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

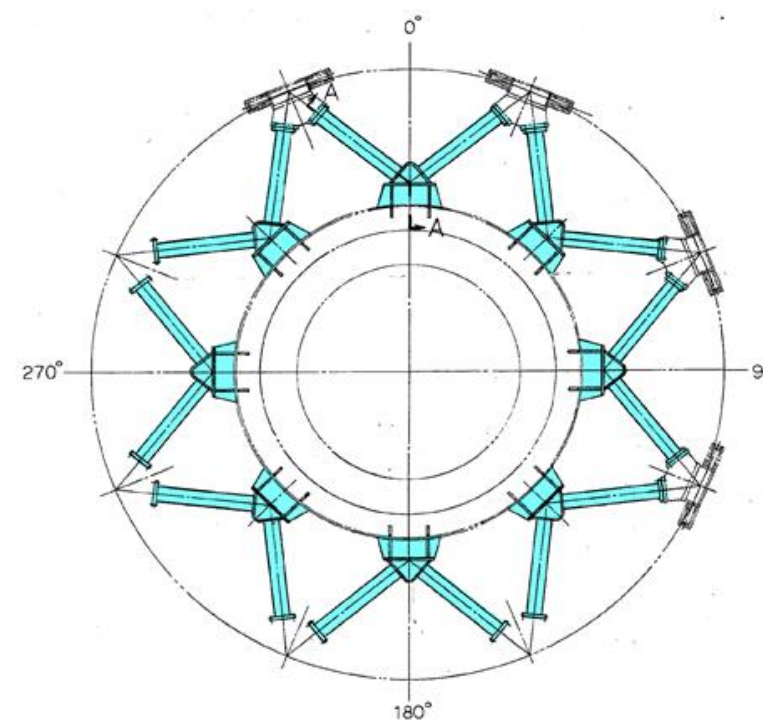
女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

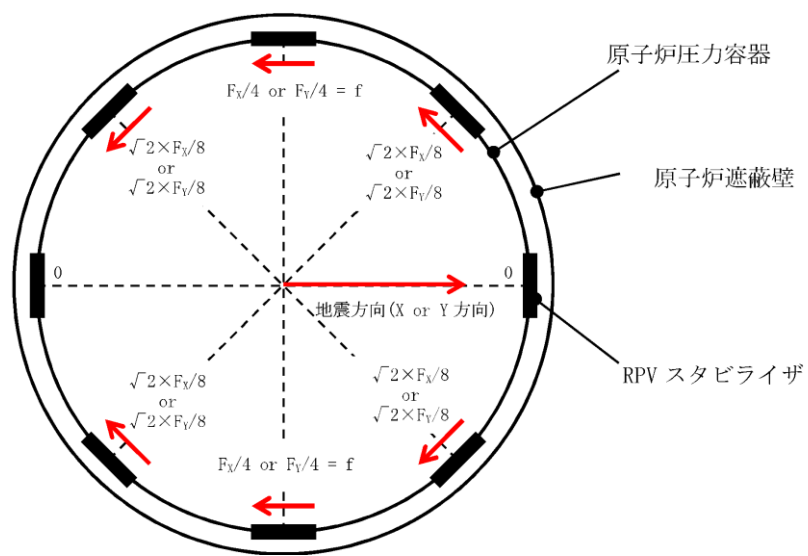


第1-1図 原子炉圧力容器スタビライザ

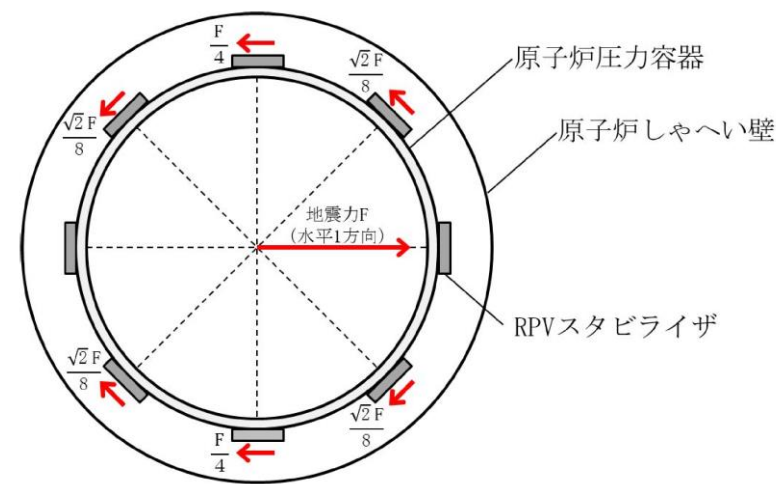


第1-2図 原子炉格納容器スタビライザ

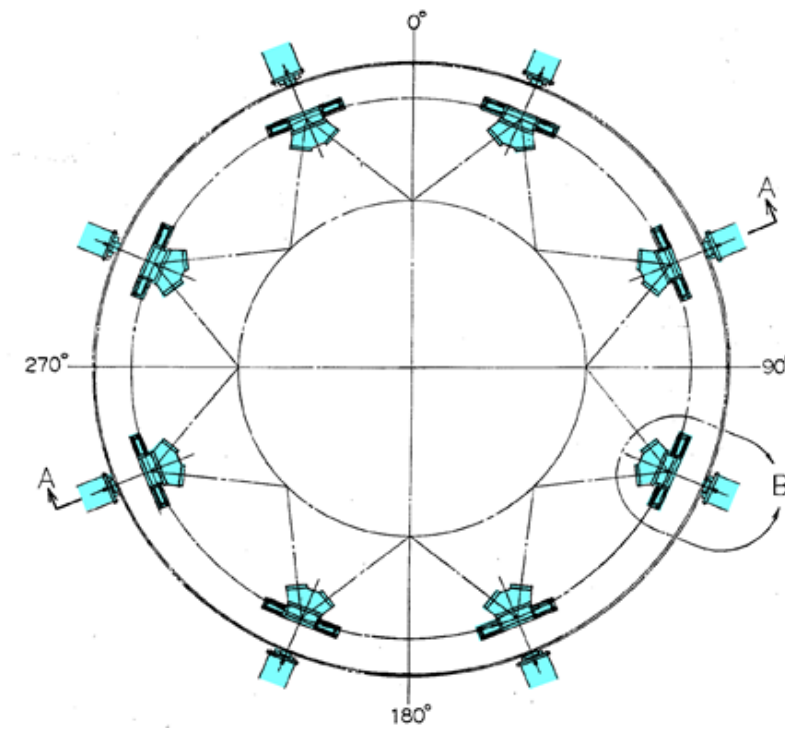
・炉型の違い
【柏崎 6/7】
⑫の相違



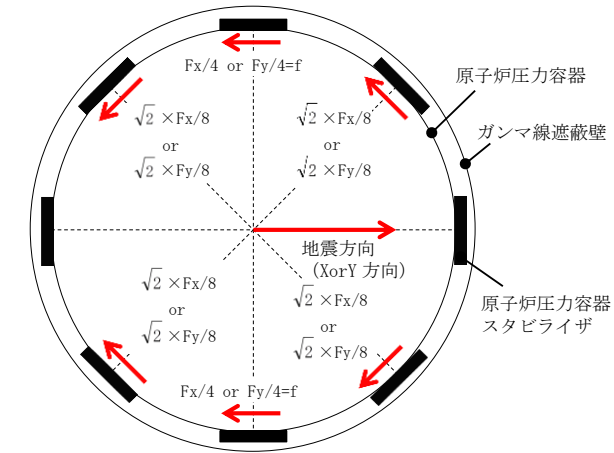
第1-1図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担 (水平1方向)



第1-1図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担 (水平1方向)



第1-3図 シヤラグ

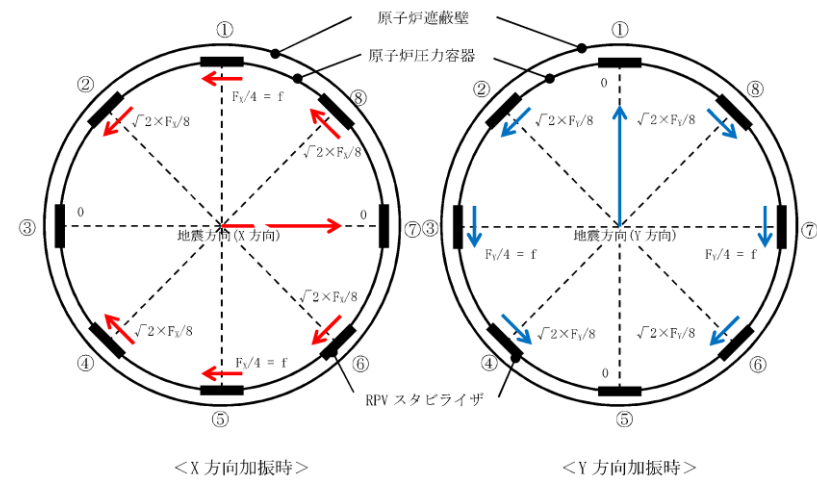


第1-4図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担 (水平1方向)

・炉型の違い
【柏崎 6/7】
⑫の相違

1.3 水平2方向同時加振の影響

RPVスタビライザは、水平2方向の地震力を受けた場合においても、第1-2図及び第1-1表に示すとおり方向別地震荷重(F_x又はF_y)に対する最大反力を受け持つ部位が異なる。



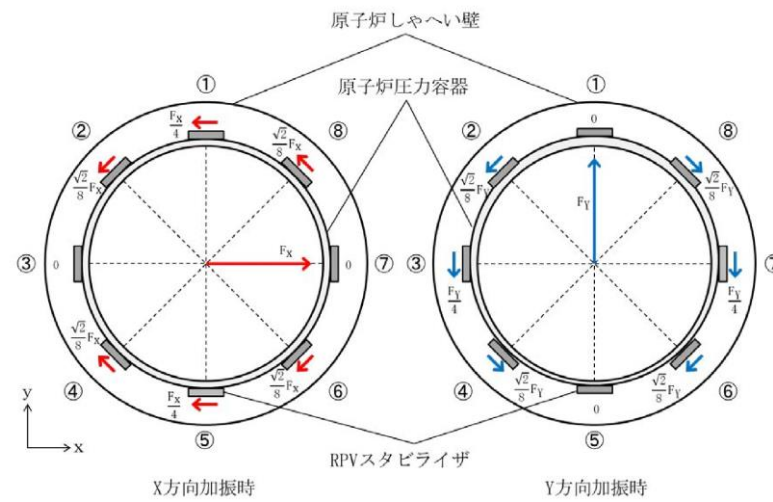
第1-2図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担

第1-1表 原子炉压力容器スタビライザ各点での分担荷重

位置		方向別地震力 F に対する反力	
		X 方向	Y 方向
①	0°	$F_x/4$	0
②	45°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
③	90°	0	$F_y/4$
④	135°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
⑤	180°	$F_x/4$	0
⑥	225°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
⑦	270°	0	$F_y/4$
⑧	315°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
最大		$F_x/4=f$	$F_y/4=f$

1.3 水平2方向同時加振の影響

RPVスタビライザは、水平2方向の地震力を受けた場合においても、第1-2図及び第1-1表に示すとおり方向別地震荷重(F_x又はF_y)に対する最大反力を受け持つ部位が異なる。



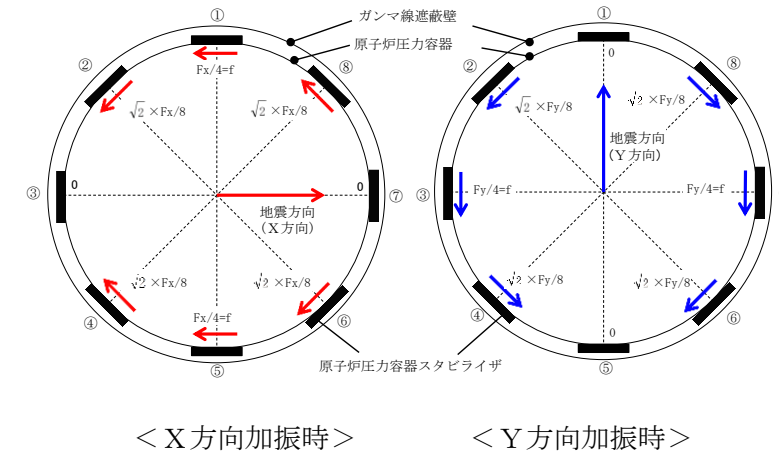
第1-2図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担

第1-1表 原子炉压力容器スタビライザ各点での分担荷重

位置		方向別地震力 F に対する反力	
		X方向	Y方向
①	0°	$\frac{F_x}{4}$	0
②	45°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x$	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_y$
③	90°	0	$\frac{F_y}{4}$
④	135°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x$	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_y$
⑤	180°	$\frac{F_x}{4}$	0
⑥	225°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x$	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_y$
⑦	270°	0	$\frac{F_y}{4}$
⑧	315°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x$	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_y$
最大		$\frac{F_x}{4}$	$\frac{F_y}{4}$

1.3 水平2方向同時加振の影響

RPVスタビライザは、水平2方向の地震力を受けた場合においても、第1-5図及び第1-1表に示すように、方向別地震荷重(F_x又はF_y)に対する最大反力を受け持つ部位が異なる。



第1-5図 原子炉压力容器スタビライザの水平地震荷重の分担

第1-1表 原子炉压力容器スタビライザ各点での分担荷重

位置		方向別地震力 F に対する反力	
		X方向	Y方向
①	0°	$F_x/4$	0
②	45°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
③	90°	0	$F_y/4$
④	135°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
⑤	180°	$F_x/4$	0
⑥	225°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
⑦	270°	0	$F_y/4$
⑧	315°	$\sqrt{2} \times F_x/8$	$\sqrt{2} \times F_y/8$
最大		$F_x/4 = f$	$F_y/4 = f$

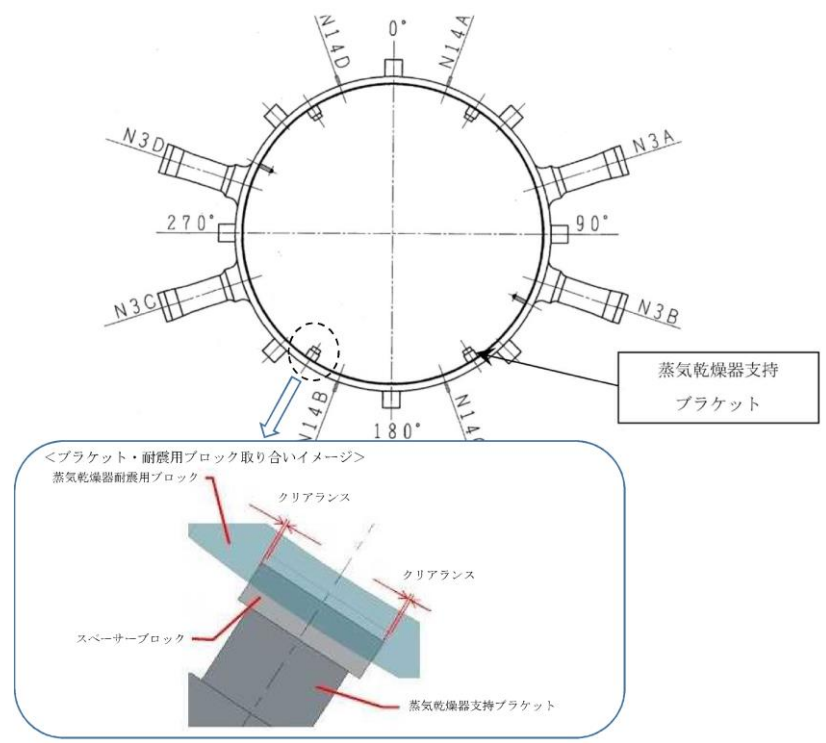
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>水平2方向地震力の組合せの考慮については、第1-1表に示した水平1方向反力を用いて、X方向・Y方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し、以下の2つの方法にて検討を行った。</p> <p>① 組合せ係数法：$F_y = 0.4F_x$と仮定し、X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を算術和する</p> <p>② 最大応答の非同時性を考慮したSRSS法：$F_y = F_x$と仮定し、X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を二乗和平方根にて合成する</p> <p>上記検討の結果を第1-2表に示す。いずれの検討方法を用いても、水平2方向反力の組合せ結果の最大値はfとなり、これは水平1方向反力の最大値と同値である。</p> <p>したがって、RPVスタビライザに対して水平2方向の影響はない。</p>	<p>水平2方向地震力の組合せの考慮については、第1-1表に示した水平1方向反力を用いて、X方向、Y方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し、以下の2つの方法にて検討を行った。</p> <p>① 組合せ係数法：$F_y = 0.4F_x$と仮定し、X方向、Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を算術和する</p> <p>② 最大応答の非同時性を考慮したSRSS法：$F_y = F_x$と仮定し、X方向、Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を二乗和平方根にて合成する</p> <p>上記検討の結果を第1-2表に示す。いずれの検討方法を用いても、水平2方向反力の組合せ結果の最大値はfとなり、これは水平1方向反力の最大値と同値である。</p> <p>したがって、RPVスタビライザに対して水平2方向の影響はない。</p>	<p>水平2方向地震力の組合せの考慮については、第1-1表に示した水平1方向反力を用いて、X方向・Y方向同時には最大の地震力が発生しないと仮定し、以下の2つの方法にて検討を行った。</p> <p>① 組合せ係数法：$F_y = 0.4F_x$と仮定し、X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を算術和する。</p> <p>② 最大応答の非同時性を考慮したSRSS法：$F_y = F_x$と仮定し、X方向・Y方向のそれぞれの水平1方向応答結果を二乗和平方根にて合成する。</p> <p>上記検討の結果を第1-2表に示す。いずれの検討方法を用いても、水平2方向反力の組合せ結果の最大値はfとなり、これは水平1方向反力の最大値と同値である。</p> <p>したがって、RPVスタビライザに対して水平2方向の影響はない。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)			女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)			島根原子力発電所 2号炉			備考
第1-2表 原子炉压力容器スタビライザ各点における水平2方向の考慮			第1-2表 原子炉压力容器スタビライザ各点における水平2方向の考慮			第1-2表 原子炉压力容器スタビライザ各点における水平2方向の考慮			
位置	①組合せ係数法を用いた 水平2方向反力の組合せ ($F_y=0.4F_x$)	②SRSS法を用いた 水平2方向反力の組合せ ($F_y=F_x$)	位置	組合せ係数法を用いた 水平2方向反力の組合せ ($F_y = 0.4F_x$)	最大応答の非同時性を考慮した SRSS法を用いた水平2方向反力の 組合せ ($F_y = F_x$)	位置	①組合せ係数法を用いた 水平2方向反力の組合せ ($F_y=0.4F_x$)	②SRSS法を用いた 水平2方向反力の組合せ ($F_y=F_x$)	
① 0°	$F_x/4=f$	$F_x/4=f$	① 0°	$\frac{F_x}{4} = f$	$\frac{F_x}{4} = f$	① 0°	$F_x/4 = f$	$F_x/4 = f$	
② 45°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2)}$ $= F_x/4 = f$	② 45°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x + \frac{\sqrt{2}}{8} F_y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_x}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_x\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_y\right)^2}$ $= \frac{F_x}{4} = f$	② 45°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{(\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2}$ $= F_x/4 = f$	
③ 90°	$F_y/4 = 0.4 \times F_x/4 < f$	$F_y/4 = F_x/4 = f$	③ 90°	$\frac{F_y}{4} = 0.4 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\frac{F_y}{4} = \frac{F_x}{4} = f$	③ 90°	$F_y/4 = 0.4 \times F_x/4 < f$	$F_y/4 = F_x/4 = f$	
④ 135°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2)}$ $= F_x/4 = f$	④ 135°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x + \frac{\sqrt{2}}{8} F_y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_x}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_x\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_y\right)^2}$ $= \frac{F_x}{4} = f$	④ 135°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{(\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2}$ $= F_x/4 = f$	
⑤ 180°	$F_x/4=f$	$F_x/4=f$	⑤ 180°	$\frac{F_x}{4} = f$	$\frac{F_x}{4} = f$	⑤ 180°	$F_x/4 = f$	$F_x/4 = f$	
⑥ 225°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2)}$ $= F_x/4 = f$	⑥ 225°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x + \frac{\sqrt{2}}{8} F_y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_x}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_x\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_y\right)^2}$ $= \frac{F_x}{4} = f$	⑥ 225°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{(\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2}$ $= F_x/4 = f$	
⑦ 270°	$F_y/4 = 0.4 \times F_x/4 < f$	$F_y/4 = F_x/4 = f$	⑦ 270°	$\frac{F_y}{4} = 0.4 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\frac{F_y}{4} = \frac{F_x}{4} = f$	⑦ 270°	$F_y/4 = 0.4 \times F_x/4 < f$	$F_y/4 = F_x/4 = f$	
⑧ 315°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8 = \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{((\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2)}$ $= F_x/4 = f$	⑧ 315°	$\frac{\sqrt{2}}{8} F_x + \frac{\sqrt{2}}{8} F_y$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times \frac{F_x}{8}$ $= 0.990 \times \frac{F_x}{4} < f$	$\sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_x\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{2}}{8} F_y\right)^2}$ $= \frac{F_x}{4} = f$	⑧ 315°	$\sqrt{2} \times F_x/8 + \sqrt{2} \times F_y/8$ $= \sqrt{2} \times 1.4 \times F_x/8$ $= 0.990 \times F_x/4 < f$	$\sqrt{(\sqrt{2} \times F_x/8)^2 + (\sqrt{2} \times F_y/8)^2}$ $= F_x/4 = f$	
最大	f	f	最大	f	f	最大	f	f	

2 水平2方向同時加振の影響評価について (蒸気乾燥器支持ブラケット)

2.1 はじめに
本項は、蒸気乾燥器支持ブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2 現行評価の手法
蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体配置されており、位置関係は第2-1図のとおりとなる。



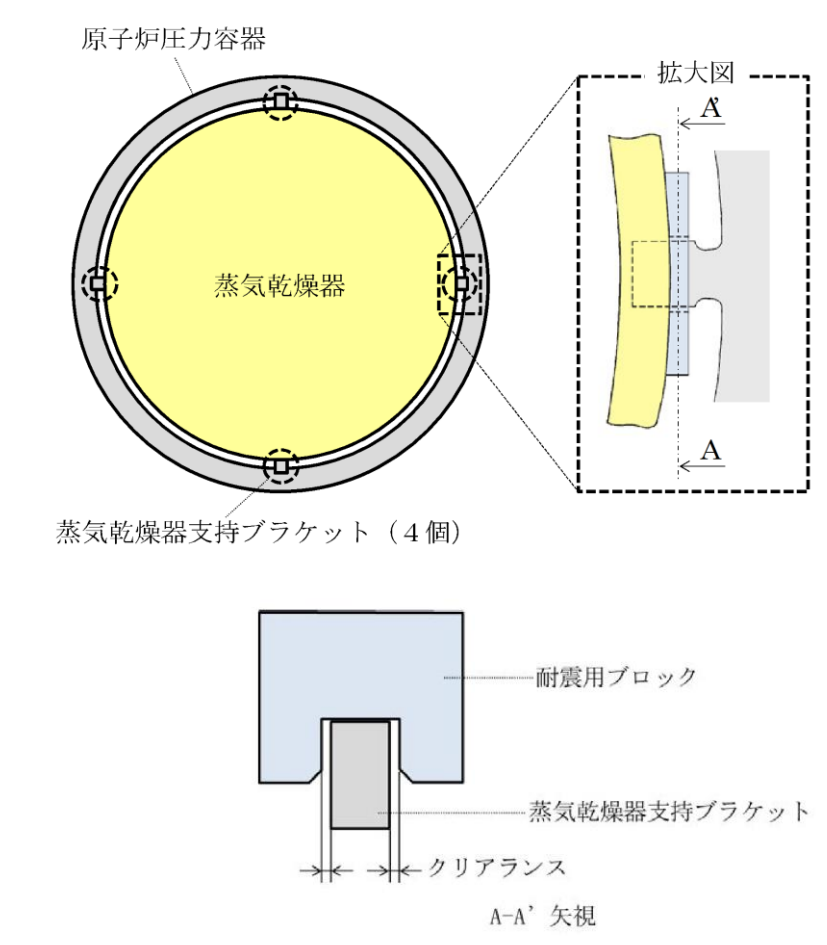
第2-1図 蒸気乾燥器支持ブラケットの位置

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しかし、耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震

2 水平2方向同時加振の影響評価について (蒸気乾燥器支持ブラケット)

2.1 はじめに
本項は、蒸気乾燥器支持ブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2 現行評価の手法
蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体配置されており、位置関係は第2-1図のとおりとなる。



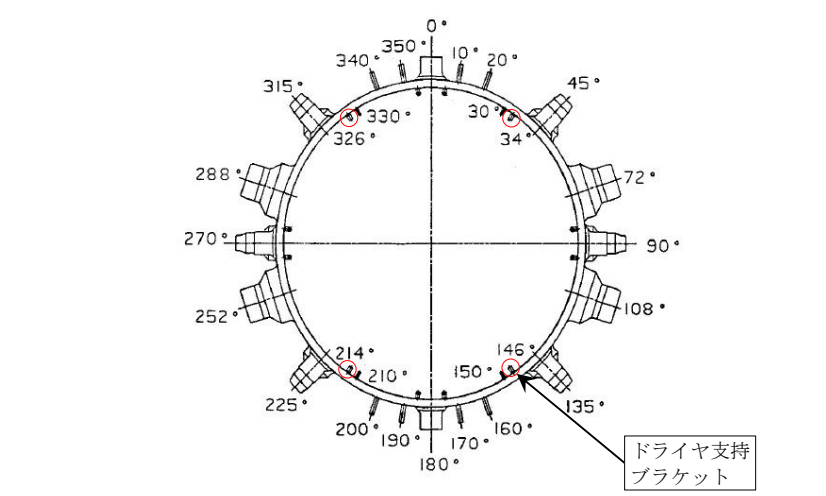
第2-1図 蒸気乾燥器支持ブラケットの位置

蒸気乾燥器支持ブラケットは、4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しかし、耐震用ブロックと蒸気乾燥器支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震

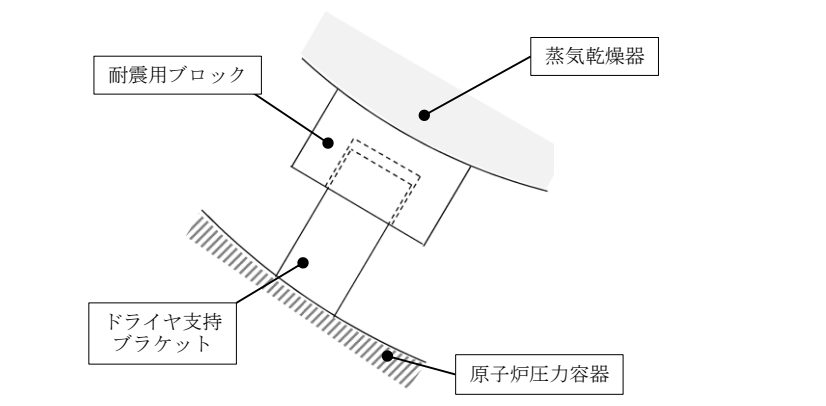
2. 水平2方向同時加振の影響評価について (ドライヤ支持ブラケット)

2.1 はじめに
本項は、ドライヤ支持ブラケットに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。

2.2 現行評価の手法
ドライヤ支持ブラケットは、4体配置されており、位置関係は第2-1図のとおりである。

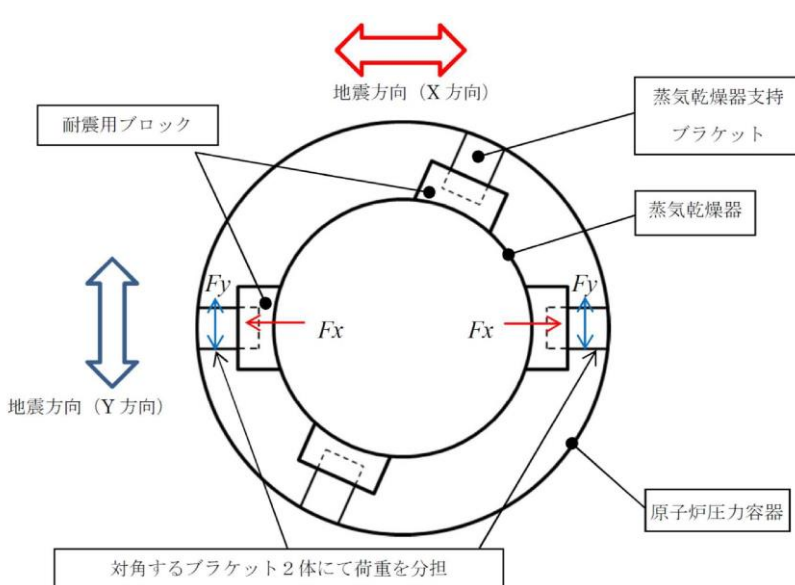
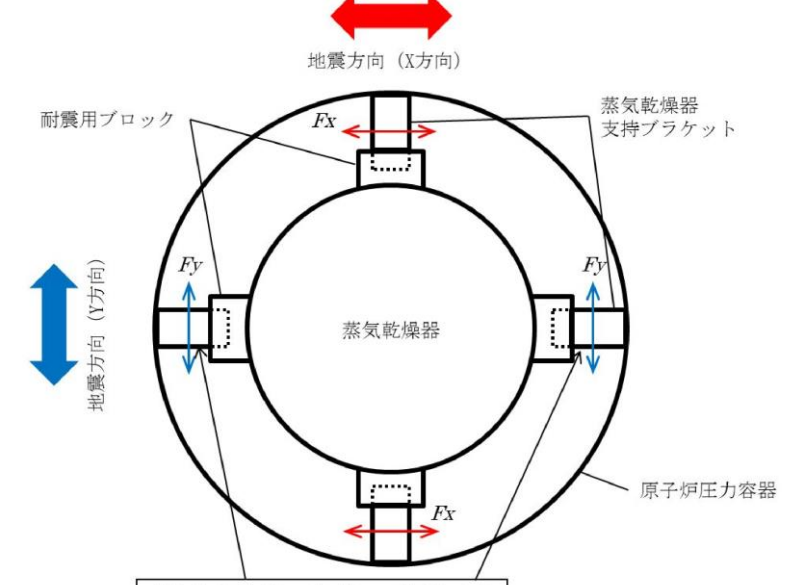
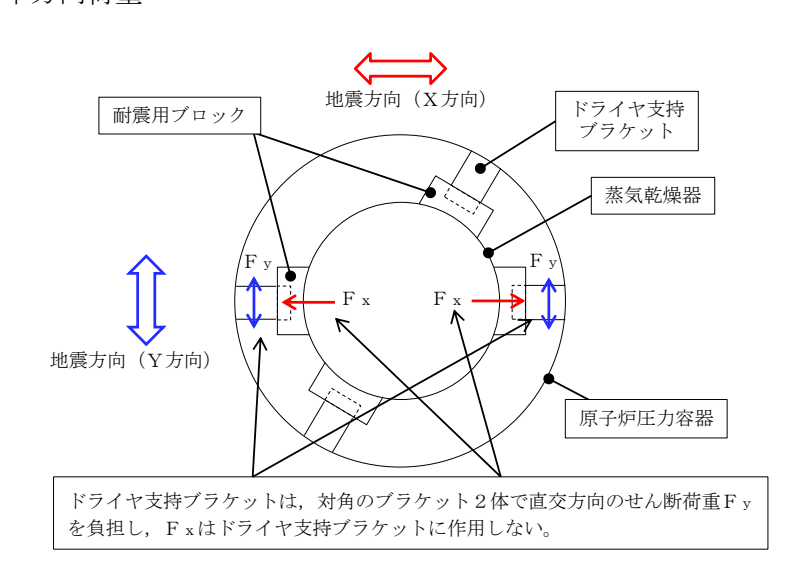


第2-1図 ドライヤ支持ブラケット位置図

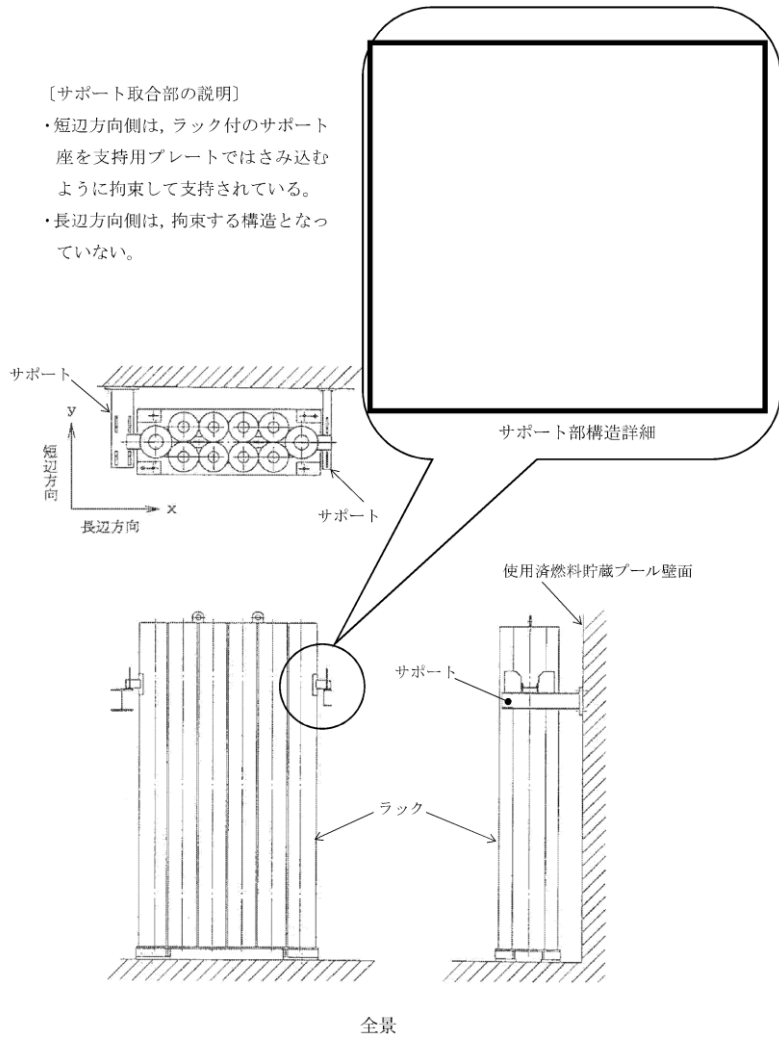


第2-2図 ドライヤ支持ブラケットと耐震用ブロックの取合いイメージ

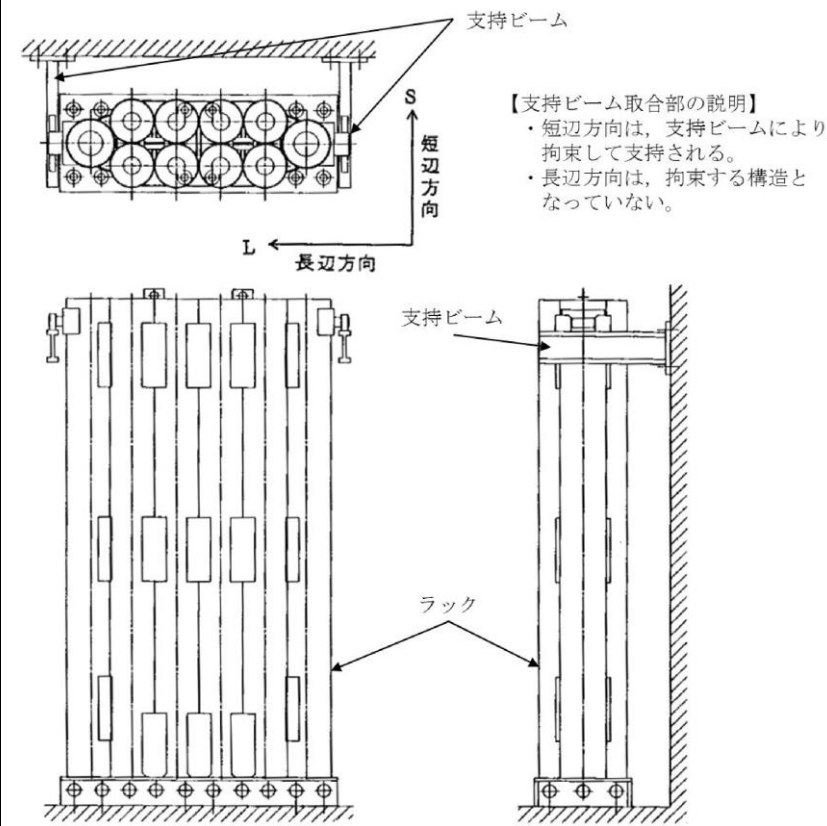
ドライヤ支持ブラケットは、第2-2図のとおりドライヤ支持ブラケットの直交方向のせん断荷重を負担する構造であり、4体で耐震用ブロックを介し蒸気乾燥器を支持する設計である。しか

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>動の入力方向によっては、4体のうち対角のブラケット2体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット2体により、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。</p> <p>第2-2図に評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。</p> $F_x = F_y = \frac{F}{2}$ <p>F : 蒸気乾燥器から受ける地震時の水平方向荷重 F_x : X方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重 F_y : Y方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重</p>  <p>第2-2図 評価におけるブラケットの負荷荷重</p> <p>2.3 水平2方向同時加振の影響</p> <p>蒸気乾燥器支持ブラケットは、現行評価において、水平2方向の地震荷重を同時に考慮し、ブラケットと耐震用ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として4体のブラケットのうち2体でその荷重を支持すると評価しており、水平2方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。</p>	<p>動の入力方向によっては、4体のうち対角のブラケット2体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット2体により、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。</p> <p>第2-2図に、評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。</p> $F_x = F_y = \frac{F}{2}$ <p>F : 蒸気乾燥器から受ける地震時の水平方向荷重 F_x : X方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重 F_y : Y方向地震よりブラケットに発生する水平方向荷重</p>  <p>第2-2図 評価におけるブラケットの負荷荷重</p> <p>2.3 水平2方向同時加振の影響</p> <p>蒸気乾燥器支持ブラケットは、現行評価において、水平2方向の地震荷重を同時に考慮し、ブラケットと耐震用ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として4体のブラケットのうち2体でその荷重を支持すると評価しており、水平2方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。</p>	<p>し、耐震用ブロックとドライヤ支持ブラケットの間にはクリアランスが存在し、水平地震動の入力方向によっては、4体のうち2体のみがその荷重を負担する可能性があるため、現行評価では対角のブラケット2体により、水平2方向の地震荷重を支持するものとして評価している。</p> <p>第2-3図に評価においてブラケットに負荷される水平方向の地震荷重を示す。</p> $F_y = \frac{F}{2}$ <p>F : 蒸気乾燥器から受ける地震時の水平方向荷重 F_x : 対象とする対角のブラケット2体の軸方向に発生する水平方向荷重 F_y : 対象とする対角のブラケット2体の直交方向に発生する水平方向荷重</p>  <p>第2-3図 評価におけるブラケットの負荷荷重</p> <p>2.3 水平2方向同時加振の影響</p> <p>ドライヤ支持ブラケットは、現行評価において、水平2方向の地震荷重を同時に考慮し、ブラケットと耐震用ブロックの接触状態として想定される最も厳しい状態として4体のブラケットのうち2体でその荷重を支持すると評価しており、水平2方向同時加振による現行の評価結果への影響はない。</p>	

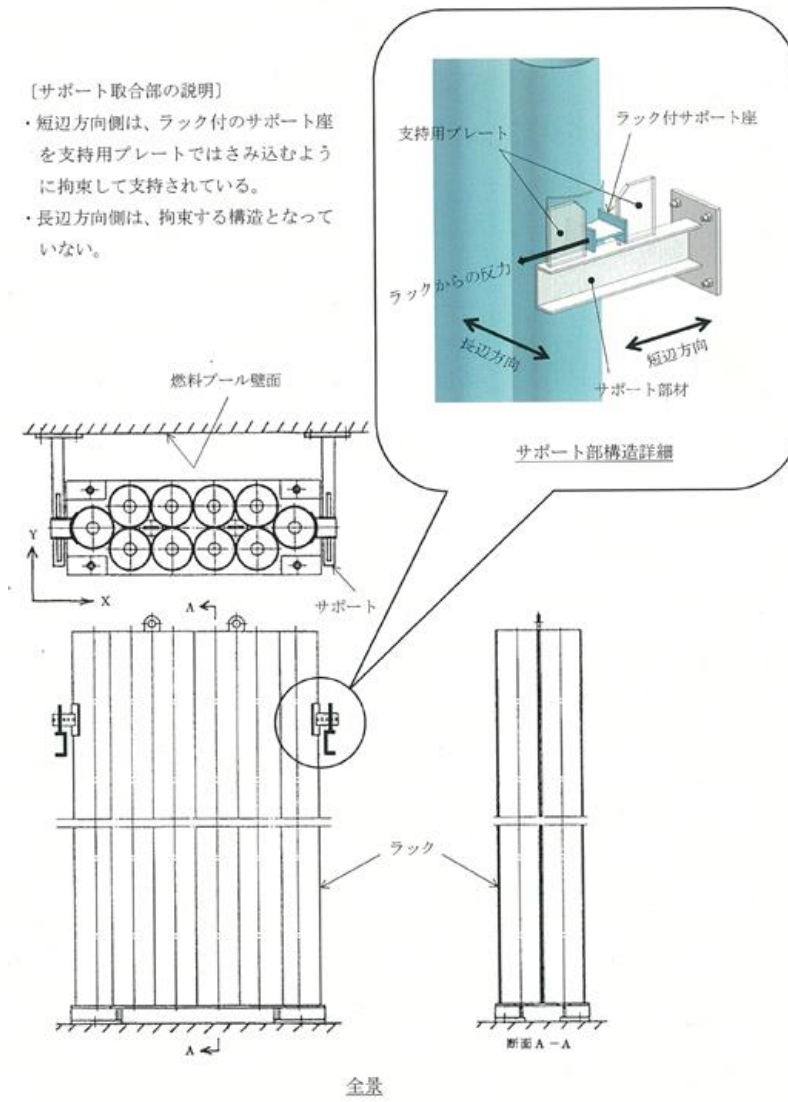
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3 水平2方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）</p> <p>3.1 はじめに</p> <p>本項は、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）のサポートに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>3.2 サポートの構造</p> <p>本サポートは、ラックの耐震上弱軸方向となる短辺方向の転倒防止を目的として、使用済燃料貯蔵プール壁面から腕を張り出す形で設置されており、ラックの短辺方向側を支持し、長辺方向側は荷重を受けない構造となっている（第3-1図）。</p> <p>3.3 水平2方向の地震力による影響について</p> <p>現行評価において、サポートの応力は、地震力によりラックから入力される荷重(反力)、サポート自身の荷重(自重及び自身の慣性力)と、部材の断面特性を用いて下記の地震条件時の<u>それぞれについて</u>求めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長辺方向(水平x 方向)+鉛直方向 ・短辺方向(水平y 方向)+鉛直方向 <p>長辺方向(x 方向)の地震の場合、サポートはラックを支持していないため、ラックから入力される荷重(反力)は生じず、サポート自身の慣性力による応力のみが発生する。短辺方向(y方向)の地震の場合、サポートには、ラックからの反力と自身の慣性力による応力が発生する。ラック自身の慣性力は、いずれの方向の地震においても、ラックからの反力と比較して小さい。</p> <p>したがって、サポートの応力は、水平1方向(短辺方向(y 方向))の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。</p>	<p>3 水平2方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）</p> <p>3.1 はじめに</p> <p>本項は、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）の<u>支持ビーム</u>に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>3.2 <u>支持ビーム</u>の構造</p> <p>本<u>支持ビーム</u>は、ラックの耐震上弱軸方向となる短辺方向の転倒防止を目的として、使用済燃料貯蔵プール壁面から腕を張り出す形で設置されており、ラックの短辺方向側を支持し、長辺方向側は荷重を受けない構造となっている（第3-1図）。</p> <p>3.3 水平2方向の地震力による影響について</p> <p>現行評価において、<u>支持ビーム</u>の応力は、地震力によりラックから入力される荷重(反力)、<u>支持ビーム</u>自身の荷重(自重及び自身の慣性力)と、部材の断面特性を用いて下記の地震条件時の<u>それぞれについて</u>求めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長辺方向(水平x 方向)+鉛直方向 ・短辺方向(水平y 方向)+鉛直方向 <p>長辺方向(x 方向)の地震の場合、<u>支持ビーム</u>はラックを支持していないため、ラックから入力される荷重(反力)は生じず、<u>支持ビーム</u>自身の慣性力による応力のみが発生する。短辺方向(y方向)の地震の場合、<u>支持ビーム</u>には、ラックからの反力と自身の慣性力による応力が発生する。<u>支持ビーム</u>自身の慣性力は、いずれの方向の地震においても、ラックからの反力と比較して小さい。</p> <p>したがって、<u>支持ビーム</u>の応力は、水平1方向(短辺方向(y 方向))の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。</p>	<p>3. 水平2方向同時加振の影響評価について（制御棒・破損燃料貯蔵ラック）</p> <p>3.1 はじめに</p> <p>本項は、制御棒・破損燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）の<u>サポート</u>に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>3.2 <u>サポート</u>の構造</p> <p>本<u>サポート</u>は、ラックの耐震上弱軸方向となる短辺方向の転倒防止を目的として、使用済燃料貯蔵プール壁面から腕を張り出す形で設置されており、ラックの短辺方向側を支持し、長辺方向側は荷重を受けない構造となっている（第3-1図）。</p> <p>3.3 水平2方向地震力による影響について</p> <p>現行評価において、<u>サポート</u>の応力は、地震力によりラックから入力される荷重(反力)、<u>サポート</u>自身の荷重(自重及び自身の慣性力)と、部材の断面特性を用いて下記の地震条件時の<u>それぞれ</u>求めている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長辺方向(水平X方向)+鉛直方向 ・短辺方向(水平Y方向)+鉛直方向 <p>長辺方向(X方向)の地震の場合、<u>サポート</u>はラックを支持していないため、ラックから入力される荷重(反力)は生じず、<u>サポート</u>自身の慣性力による応力のみが発生する。短辺方向(Y方向)の地震の場合、<u>サポート</u>にはラックからの反力と自身の慣性力による応力が発生する。<u>サポート</u>自身の慣性力は、いずれの方向の地震においても、ラックからの反力と比較して小さい。</p> <p>したがって、<u>サポート</u>の応力は、水平1方向(短辺方向(Y方向))の地震力の応答が支配的であり、他の水平方向の地震力による応答は小さいため、水平2方向入力の影響は軽微である。</p>	



第3-1図 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態

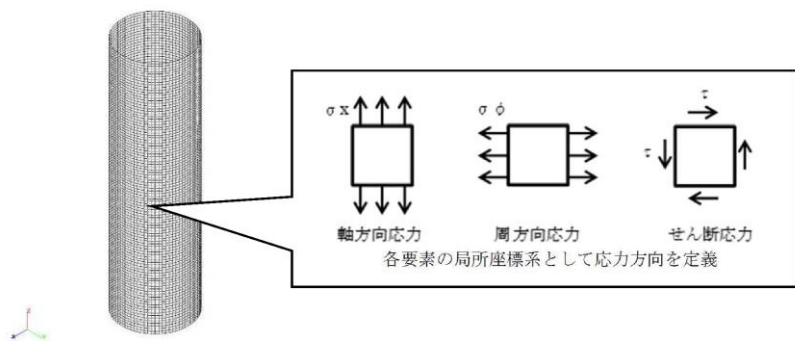


第3-1図 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態



第3-1図 制御棒・破損燃料貯蔵ラック設置状態

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>4 水平2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)</p> <p>4.1 はじめに</p> <p>本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響をFEMで確認した結果をまとめたものである。</p> <p>円筒形容器については、別紙9-1にて記載しているとおり、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項には、別紙9-1にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器のFEMモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。</p> <p>具体的な確認項目として、以下2点を確認した。</p> <p>① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認</p> <p>②最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認</p> <p>4.2 影響評価検討</p> <p>評価検討モデル及び応力の定義について第4-1図に示す。なお、応力については要素ごとの局部座標系として第4-1図に示すように定義する。検討方法を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討方法 : 水平地震力1GをX方向へ入力し、周方向の0° 方向から90° 方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。 ・検討モデル: たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化 ・拘束点 : 容器基部を拘束 ・荷重条件 : モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷 ・解析手法 : 静的解析 ・対象部位及び応力: 容器基部における応力強さ ・水平2方向同時加振時の考慮方法 <ul style="list-style-type: none"> 組合せ係数法 (最大応答の非同時性を考慮) SRSS法 (最大応答の非同時性を考慮) 	<p>4 水平2 方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)</p> <p>4.1 はじめに</p> <p>本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響をFEM で確認した結果をまとめたものである。</p> <p>円筒形容器については、第1表にて記載しているとおり、X 方向地震とY 方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項には、第1表にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器のFEM モデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。</p> <p>具体的な確認項目として、以下2点を確認した。</p> <p>① X 方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認</p> <p>② 最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認</p> <p>4.2 影響評価検討</p> <p>評価検討モデル及び応力の定義について第4-1図に示す。なお、応力については要素ごとの局部座標系として第4-1図に示すように定義する。検討方法を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討方法 : 水平地震力1G をX 方向へ入力し、周方向の0° 方向から90° 方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。 ・検討モデル : たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化 ・拘束点 : 容器基部を拘束 ・荷重条件 : モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷 ・解析手法 : 静的解析 ・対象部位及び応力 : 容器基部における応力強さ ・水平2方向同時加振時の考慮方法 <ul style="list-style-type: none"> 組合せ係数法 (最大応答の非同時性を考慮) SRSS法 (最大応答の非同時性を考慮) 	<p>4. 水平2方向同時加振の影響評価について (円筒形容器)</p> <p>4.1 はじめに</p> <p>本項は、水平地震動が水平2方向に作用した場合の円筒形容器に対する影響をFEMで確認した結果をまとめたものである。</p> <p>円筒形容器については、別紙10-1にて記載しているとおり、X方向地震とY方向地震とでは最大応力点が異なるため、それぞれの地震による応力を組み合わせても影響軽微としている。本項には、別紙10-1にて記載していることを解析にて確認することを目的として、円筒形容器のFEMモデルを用いた解析を実施した結果を示す。ここで、本検討は軸方向応力、周方向応力及びせん断応力の組合せに基づく胴の応力強さを対象としたものである。</p> <p>具体的な確認項目として、以下2点を確認した。</p> <p>① X方向地震とY方向地震とで最大応力点が異なることの確認</p> <p>② 最大応力点以外に、X方向地震とY方向地震による応力を組み合わせた場合に影響のあるような点があるかを確認</p> <p>4.2 影響評価検討</p> <p>評価検討モデル及び応力の定義について第4-1図に示す。なお、応力については要素ごとの局部座標系として第4-1図に示すように定義する。検討方法を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検討方法 : 水平地震力1GをX方向へ入力し、周方向の0° 方向から90° 方向にかけて応力分布を確認する。また、水平1方向地震による応力を用いて水平2方向地震による応力を評価する。 ・検討モデル: たて置き円筒形容器をシェル要素にてモデル化 ・拘束点 : 容器基部を拘束 ・荷重条件 : モデル座標のX方向に水平地震力1Gを負荷 ・解析手法 : 静的解析 ・対象部位及び応力: 容器基部における応力強さ ・水平2方向同時加振時の考慮方法 <ul style="list-style-type: none"> 組合せ係数法 (最大応答の非同時性を考慮) SRSS法 (最大応答の非同時性を考慮) 	



第4-1図 評価検討モデル及び各応力の定義

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力 σ_x

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第4-2図に示す。

この結果より、最大応力点は0° /180° 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y方向から水平地震力を入力した場合においても、最大応力点は90° /270° 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

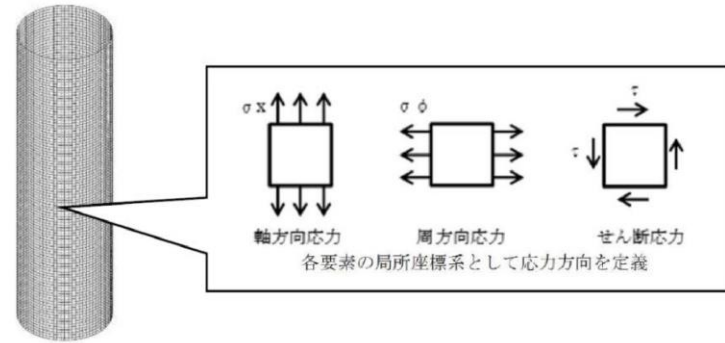
また、第4-1表にX方向、Y方向、2方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 (0° /90° 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\sigma_{x,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{x,s}(\theta)$ は、水平1方向入力時の軸方向応力解析結果 (X方向入力時応力 $\sigma_{x,x}(\theta)$ 、Y方向入力時応力 $\sigma_{x,y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{x,c}(\theta) = \max(\sigma_{x,c(X)}(\theta), \sigma_{x,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{x,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{x,x}(\theta)$ に1、 $\sigma_{x,y}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{x,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{x,y}(\theta)$ に1、 $\sigma_{x,x}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のよう



第4-1図 評価検討モデル及び各応力の定義

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力 σ_x

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第4-2図に示す。

この結果より、最大応力点は0° /180° 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y方向から水平地震力を入力した場合においても、最大応力点は90° /270° 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

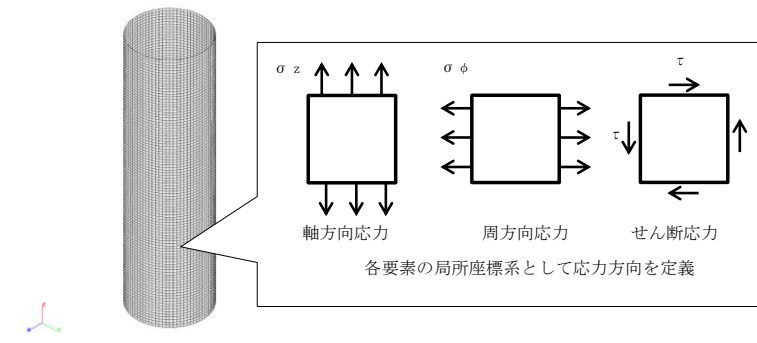
また、第4-1表にX方向、Y方向、2方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 (0° /90° 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\sigma_{x,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{x,s}(\theta)$ は、水平1方向入力時の軸方向応力解析結果 (X方向入力時応力 $\sigma_{x,x}(\theta)$ 、Y方向入力時応力 $\sigma_{x,y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{x,c}(\theta) = \max(\sigma_{x,c(X)}(\theta), \sigma_{x,c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\sigma_{x,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{x,x}(\theta)$ に1、 $\sigma_{x,y}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{x,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{x,y}(\theta)$ に1、 $\sigma_{x,x}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のよう



第4-1図 評価検討モデル及び各応力の定義

4.3 検討結果

4.3.1 軸方向応力

容器基部における水平地震時の軸方向応力コンター図を第4-2図に示す。

この結果より、最大応力点は0° /180° 位置に発生していることが分かる。円筒形容器のため評価部位が円形の一様断面であることから、Y方向入力時の最大応力点は90° /270° 位置に発生することは明白であるため、水平方向地震動の入力方向により最大応力点は異なる。

また、第4-1表にX方向、Y方向、2方向入力時の軸方向応力分布を示す。

中間部 (0° /90° 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\sigma_{z,c}(\theta)$ 及び $\sigma_{z,s}(\theta)$ は、水平1方向入力時の軸方向応力解析結果 (X方向入力時応力 $\sigma_{z,x}(\theta)$ 、Y方向入力時応力 $\sigma_{z,y}(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

$$\sigma_{z,c}(\theta) = \max(\sigma_{z,c(X)}(\theta), \sigma_{z,c(Y)}(\theta))$$

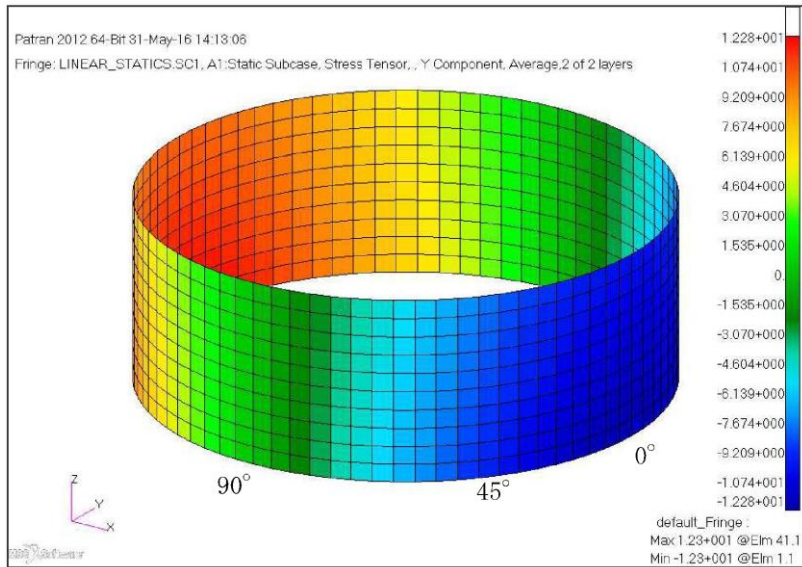
ただし、 $\sigma_{z,c(X)}(\theta)$ は $\sigma_{z,x}(\theta)$ に1、 $\sigma_{z,y}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力、 $\sigma_{z,c(Y)}(\theta)$ は $\sigma_{z,y}(\theta)$ に1、 $\sigma_{z,x}(\theta)$ に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの軸方向応力を組み合わせた応力であり、以下のよう

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{x,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{x,Y}(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\sigma_{x,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{x,X}(\theta)^2 + \sigma_{x,Y}(\theta)^2}$$



第4-2図 水平地震時軸方向応力コンター図

第4-1表 水平地震時の軸方向応力分布

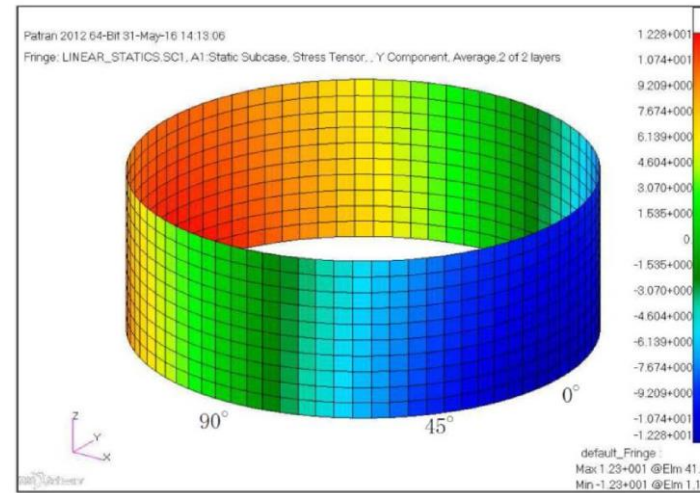
角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ) = 12.28$ $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(22.5^\circ) = 13.22$ $\sigma_{x,c(Y)}(22.5^\circ) = 9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(X)}(45^\circ) = 12.15$ $\sigma_{x,c(Y)}(45^\circ) = 12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(67.5^\circ) = 9.24$ $\sigma_{x,c(Y)}(67.5^\circ) = 13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(90^\circ) = 4.91$ $\sigma_{x,c(Y)}(90^\circ) = 12.28$	12.28

$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{x,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{x,Y}(\theta)$$

<SRSS法>

$$\sigma_{x,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{x,X}(\theta)^2 + \sigma_{x,Y}(\theta)^2}$$



第4-2図 水平地震時軸方向応力コンター図

第4-1表 水平地震時の軸方向応力分布

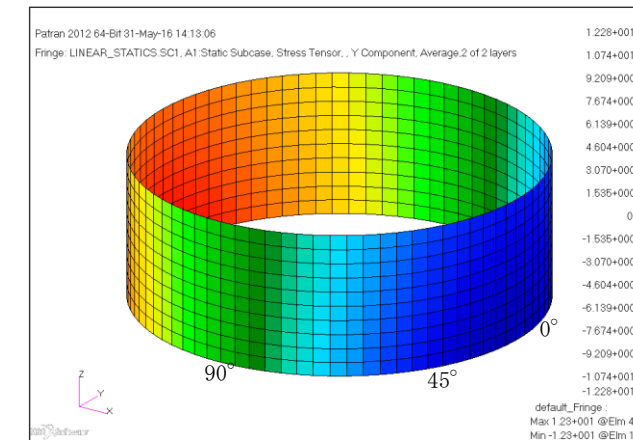
角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{x,Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{x,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{x,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ) = 12.28$ $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(22.5^\circ) = 13.22$ $\sigma_{x,c(Y)}(22.5^\circ) = 9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{x,c(X)}(45^\circ) = 12.15$ $\sigma_{x,c(Y)}(45^\circ) = 12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{x,c(X)}(67.5^\circ) = 9.24$ $\sigma_{x,c(Y)}(67.5^\circ) = 13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{x,c(X)}(90^\circ) = 4.91$ $\sigma_{x,c(Y)}(90^\circ) = 12.28$	12.28

$$\sigma_{z,c(X)}(\theta) = \sigma_{z,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{z,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{z,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{z,X}(\theta) + \sigma_{z,Y}(\theta)$$

<SRSS 法>

$$\sigma_{z,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{z,X}(\theta)^2 + \sigma_{z,Y}(\theta)^2}$$

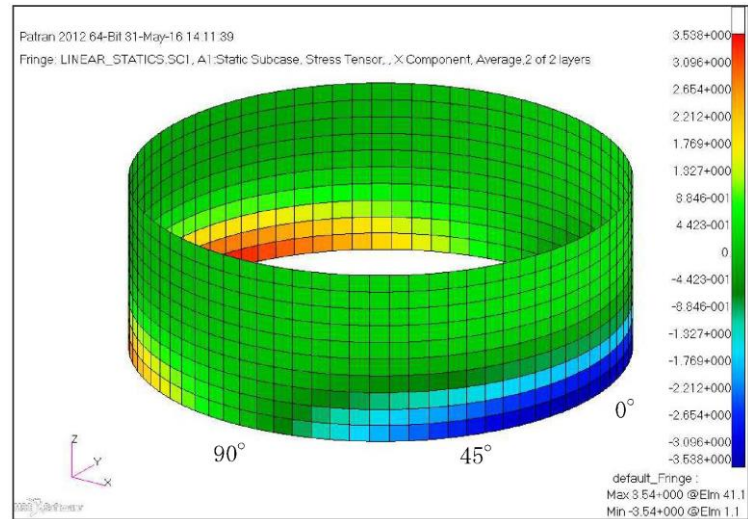


第4-2図 水平地震時軸方向応力コンター図 (X方向入力)

第4-1表 水平地震時の軸方向応力分布

角度	X 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{z,X}(\theta)$	Y 方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{z,Y}(\theta)$	2 方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{z,c}(\theta)$	SRSS 法 $\sigma_{z,s}(\theta)$
0° 方向	12.28	0.00	12.28 $\sigma_{z,c(X)}(0^\circ) = 12.28$ $\sigma_{z,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$	12.28
22.5° 方向	11.34	4.70	13.22 $\sigma_{z,c(X)}(22.5^\circ) = 13.22$ $\sigma_{z,c(Y)}(22.5^\circ) = 9.24$	12.28
45° 方向	8.68	8.68	12.15 $\sigma_{z,c(X)}(45^\circ) = 12.15$ $\sigma_{z,c(Y)}(45^\circ) = 12.15$	12.28
67.5° 方向	4.70	11.34	13.22 $\sigma_{z,c(X)}(67.5^\circ) = 9.24$ $\sigma_{z,c(Y)}(67.5^\circ) = 13.22$	12.28
90° 方向	0.00	12.28	12.28 $\sigma_{z,c(X)}(90^\circ) = 4.91$ $\sigma_{z,c(Y)}(90^\circ) = 12.28$	12.28

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>4.3.2 周方向応力σ_{ϕ}</p> <p>容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を第4-3図に、周方向応力分布を第4-2表に示す。軸方向応力同様に最大応力点は0° /180° 位置に発生しており、最大応力点が異なることについて確認できる。</p> <p>また、<u>2方向入力時の影響についても</u>軸方向応力と同様に中間部(0° /90° 方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力$\sigma_{\phi,c}(\theta)$及び$\sigma_{\phi,s}(\theta)$は、水平1方向入力時の周方向応力解析結果(X方向入力時応力$\sigma_{\phi,X}(\theta)$、Y方向入力時応力$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$)により、以下のとおり算出する。</p> <p><組合せ係数法></p> $\sigma_{\phi,c}(\theta) = \max(\sigma_{\phi,c(X)}(\theta), \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$ <p>ただし、$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力、$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの<u>応力</u>を組み合わせた応力であり、以下のように表される。</p> $\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ <p><SRSS法></p> $\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$	<p>4.3.2 周方向応力σ_{ϕ}</p> <p>容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を第4-3図に、周方向応力分布を第4-2表に示す。軸方向応力同様に最大応力点は0° /180° 位置に発生しており、最大応力点が異なることについて確認できる。</p> <p>また、<u>2方向入力時の影響についても</u>軸方向応力と同様に中間部(0° /90° 方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力$\sigma_{\phi,c}(\theta)$及び$\sigma_{\phi,s}(\theta)$は、水平1方向入力時の周方向応力解析結果(X方向入力時応力$\sigma_{\phi,X}(\theta)$、Y方向入力時応力$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$)により、以下のとおり算出する。</p> <p><組合せ係数法></p> $\sigma_{\phi,c}(\theta) = \max(\sigma_{\phi,c(X)}(\theta), \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$ <p>ただし、$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力、$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの<u>応力</u>を組み合わせた応力であり、以下のように表される。</p> $\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ <p><SRSS法></p> $\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$	<p>4.3.2 周方向応力</p> <p>容器基部における水平地震時の周方向応力コンター図を第4-3図に、周方向応力分布を第4-2表に示す。軸方向応力と同様に最大応力点は0° /180° 位置に発生しており、最大応力点が異なることが確認できる。</p> <p>また、軸方向応力と同様に中間部(0° /90° 方向以外)において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力$\sigma_{\phi,c}(\theta)$及び$\sigma_{\phi,s}(\theta)$は、水平1方向入力時の周方向応力解析結果(X方向入力時応力$\sigma_{\phi,X}(\theta)$、Y方向入力時応力$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$)により、以下のとおり算出する。</p> <p><組合せ係数法></p> $\sigma_{\phi,c}(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{\phi,c(X)}(\theta), \sigma_{\phi,c(Y)}(\theta))$ <p>ただし、$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの周方向応力を組み合わせた応力、$\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta)$は$\sigma_{\phi,Y}(\theta)$に1、$\sigma_{\phi,X}(\theta)$に0.4の係数を乗じてX・Y方向入力時それぞれの<u>周方向応力</u>を組み合わせた応力であり、以下のように表される。</p> $\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(\theta) = 0.4 \times \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sigma_{\phi,Y}(\theta)$ <p><SRSS法></p> $\sigma_{\phi,s}(\theta) = \sqrt{\sigma_{\phi,X}(\theta)^2 + \sigma_{\phi,Y}(\theta)^2}$	



第4-3図 水平地震時周方向応力コンター図

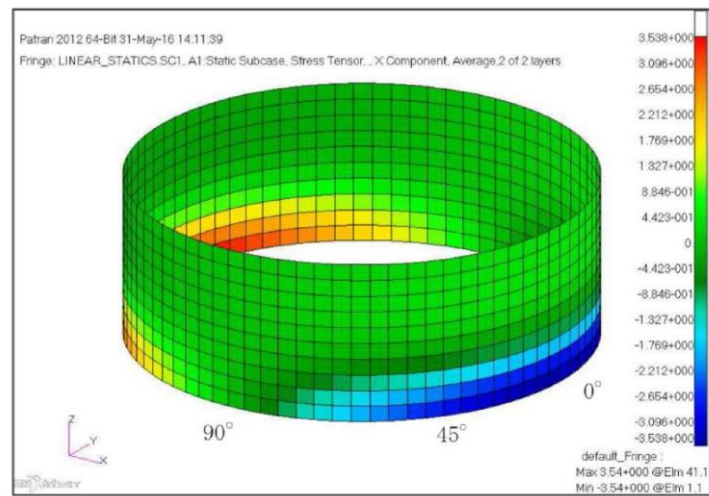
第4-2表 水平地震時の周方向応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,x}(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,y}(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$	SRSS法 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$
0° 方向	3.54	0.00	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ)=3.54$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ)=1.42$	3.54
22.5° 方向	3.27	1.35	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(22.5^\circ)=3.81$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(22.5^\circ)=2.66$	3.54
45° 方向	2.50	2.50	3.50 $\sigma_{\phi,c(X)}(45^\circ)=3.50$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(45^\circ)=3.50$	3.54
67.5° 方向	1.35	3.27	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(67.5^\circ)=2.66$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(67.5^\circ)=3.81$	3.54
90° 方向	0.00	3.54	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(90^\circ)=1.42$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(90^\circ)=3.54$	3.54

4.3.3 せん断応力 τ

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を第4-4図に示し、せん断応力分布を第4-3表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は90° /270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2方向入力時の影響についても軸方向応力、周方向応力



第4-3図 水平地震時周方向応力コンター図

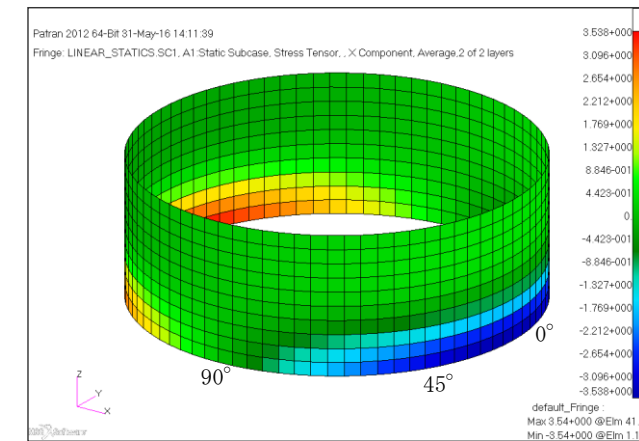
第4-2表 水平地震時の周方向応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,x}(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,y}(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$	SRSS法 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$
0° 方向	3.54	0.00	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ)=3.54$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ)=1.42$	3.54
22.5° 方向	3.27	1.35	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(22.5^\circ)=3.81$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(22.5^\circ)=2.66$	3.54
45° 方向	2.50	2.50	3.50 $\sigma_{\phi,c(X)}(45^\circ)=3.50$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(45^\circ)=3.50$	3.54
67.5° 方向	1.35	3.27	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(67.5^\circ)=2.66$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(67.5^\circ)=3.81$	3.54
90° 方向	0.00	3.54	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(90^\circ)=1.42$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(90^\circ)=3.54$	3.54

4.3.3 せん断応力 τ

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を第4-4図に示し、せん断応力分布を第4-3表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は90° /270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、2方向入力時の影響についても軸方向応力、周方向応力



第4-3図 水平地震時周方向応力コンター図 (X方向入力)

第4-2表 水平地震時の周方向応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,x}(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\sigma_{\phi,y}(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_{\phi,c}(\theta)$	SRSS法 $\sigma_{\phi,s}(\theta)$
0° 方向	3.54	0.00	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ)=3.54$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ)=1.42$	3.54
22.5° 方向	3.27	1.35	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(22.5^\circ)=3.81$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(22.5^\circ)=2.66$	3.54
45° 方向	2.50	2.50	3.50 $\sigma_{\phi,c(X)}(45^\circ)=3.50$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(45^\circ)=3.50$	3.54
67.5° 方向	1.35	3.27	3.81 $\sigma_{\phi,c(X)}(67.5^\circ)=2.66$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(67.5^\circ)=3.81$	3.54
90° 方向	0.00	3.54	3.54 $\sigma_{\phi,c(X)}(90^\circ)=1.42$ $\sigma_{\phi,c(Y)}(90^\circ)=3.54$	3.54

4.3.3 せん断応力

容器基部における水平地震時のせん断応力コンター図を第4-4図に示し、せん断応力分布を第4-3表に示す。せん断応力は軸方向及び周方向応力とは異なり、最大応力は90° /270° 位置に生じているが、最大応力と最小応力の生じる点が回転しているのみで応力の傾向として最大応力点が異なることについて確認できる。

また、軸方向応力、周方向応力と同様に中間部 (0° /90° 方

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
----------------------------------	--------------------------	--------------	----

と同様に中間部 (0° /90° 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS 法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平1方向入力時のせん断応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\tau_x(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_y(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

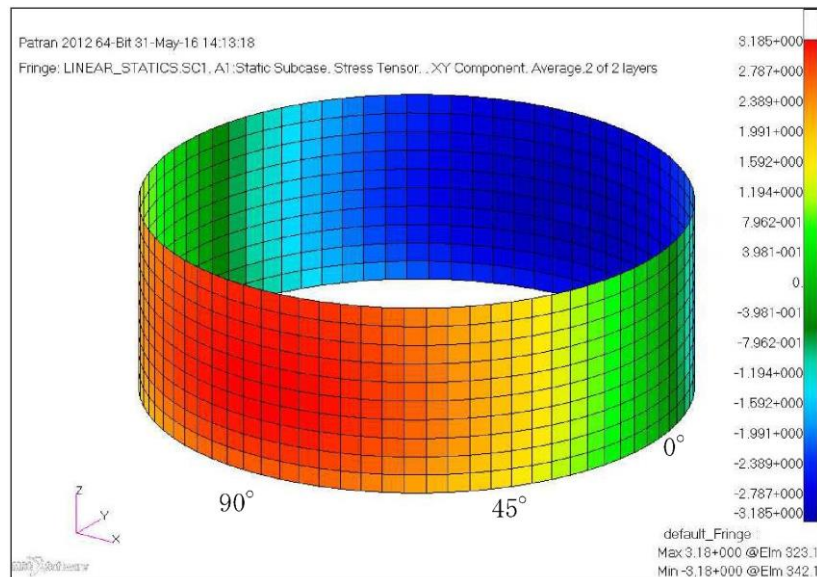
$$\tau_c(\theta) = \max(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_x(\theta)$ に1、 $\tau_y(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_y(\theta)$ に1、 $\tau_x(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\begin{aligned} \tau_{c(X)}(\theta) &= \tau_x(\theta) + 0.4 \times \tau_y(\theta) \\ \tau_{c(Y)}(\theta) &= 0.4 \times \tau_x(\theta) + \tau_y(\theta) \end{aligned}$$

<SRSS法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_x(\theta)^2 + \tau_y(\theta)^2}$$



第4-4図 水平地震時せん断応力コンター図

と同様に中間部 (0° /90° 方向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS 法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平1方向入力時のせん断応力解析結果 (X 方向入力時応力 $\tau_x(\theta)$ 、Y 方向入力時応力 $\tau_y(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

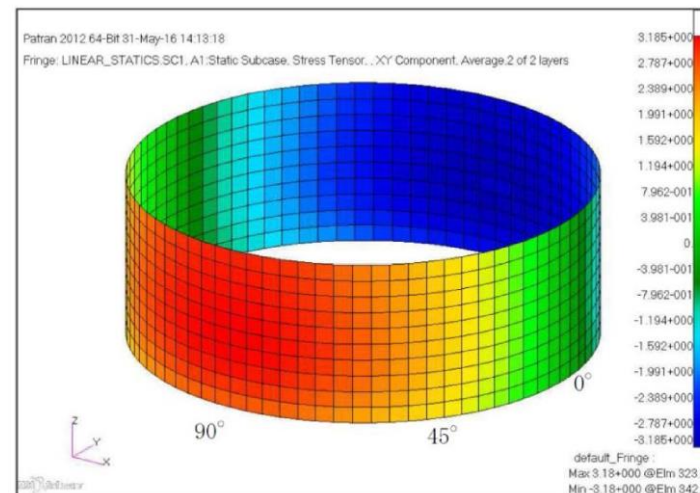
$$\tau_c(\theta) = \max(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_x(\theta)$ に1、 $\tau_y(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_y(\theta)$ に1、 $\tau_x(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれの応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\begin{aligned} \tau_{c(X)}(\theta) &= \tau_x(\theta) + 0.4 \times \tau_y(\theta) \\ \tau_{c(Y)}(\theta) &= 0.4 \times \tau_x(\theta) + \tau_y(\theta) \end{aligned}$$

<SRSS法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_x(\theta)^2 + \tau_y(\theta)^2}$$



第4-4図 水平地震時せん断応力コンター図

向以外) において2方向入力時の影響が確認できる。なお、組合せ係数法及びSRSS 法のそれぞれを用いた水平2方向入力時の応力 $\tau_c(\theta)$ 及び $\tau_s(\theta)$ は、水平1方向入力時のせん断応力解析結果 (X方向入力時応力 $\tau_x(\theta)$ 、Y方向入力時応力 $\tau_y(\theta)$) により、以下のとおり算出する。

<組合せ係数法>

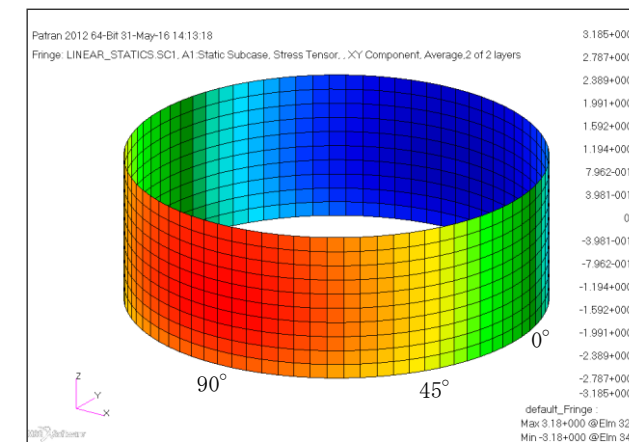
$$\tau_c(\theta) = \text{MAX}(\tau_{c(X)}(\theta), \tau_{c(Y)}(\theta))$$

ただし、 $\tau_{c(X)}(\theta)$ は $\tau_x(\theta)$ に1、 $\tau_y(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力、 $\tau_{c(Y)}(\theta)$ は $\tau_y(\theta)$ に1、 $\tau_x(\theta)$ に0.4の係数を乗じて X・Y 方向入力時それぞれのせん断応力を組み合わせた応力であり、以下のように表される。

$$\begin{aligned} \tau_{c(X)}(\theta) &= \tau_x(\theta) + 0.4 \times \tau_y(\theta) \\ \tau_{c(Y)}(\theta) &= 0.4 \times \tau_x(\theta) + \tau_y(\theta) \end{aligned}$$

<SRSS法>

$$\tau_s(\theta) = \sqrt{\tau_x(\theta)^2 + \tau_y(\theta)^2}$$



第4-4図 水平地震時せん断応力コンター図 (X方向入力)

第4-3表 水平地震時のせん断応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.00	2.70	2.70 $\tau_{c(X)}(0^\circ)=1.08$ $\tau_{c(Y)}(0^\circ)=2.70$	2.70
22.5° 方向	1.03	2.49	2.91 $\tau_{c(X)}(22.5^\circ)=2.03$ $\tau_{c(Y)}(22.5^\circ)=2.91$	2.70
45° 方向	1.91	1.91	2.67 $\tau_{c(X)}(45^\circ)=2.67$ $\tau_{c(Y)}(45^\circ)=2.67$	2.70
67.5° 方向	2.49	1.03	2.91 $\tau_{c(X)}(67.5^\circ)=2.91$ $\tau_{c(Y)}(67.5^\circ)=2.03$	2.70
90° 方向	2.70	0.00	2.70 $\tau_{c(X)}(90^\circ)=2.70$ $\tau_{c(Y)}(90^\circ)=1.08$	2.70

4.3.4 応力強さ σ

胴の応力強さ σ は、第4-1～3表に示したX方向、Y方向、2方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組み合わせ、耐震評価結果として用いている。

<水平1方向のうち、X方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_x(\theta)$ >
主応力 $\sigma_{1,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,X}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,X}(\theta) = 0$$

第4-3表 水平地震時のせん断応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.00	2.70	2.70 $\tau_{c(X)}(0^\circ)=1.08$ $\tau_{c(Y)}(0^\circ)=2.70$	2.70
22.5° 方向	1.03	2.49	2.91 $\tau_{c(X)}(22.5^\circ)=2.03$ $\tau_{c(Y)}(22.5^\circ)=2.91$	2.70
45° 方向	1.91	1.91	2.67 $\tau_{c(X)}(45^\circ)=2.67$ $\tau_{c(Y)}(45^\circ)=2.67$	2.70
67.5° 方向	2.49	1.03	2.91 $\tau_{c(X)}(67.5^\circ)=2.91$ $\tau_{c(Y)}(67.5^\circ)=2.03$	2.70
90° 方向	2.70	0.00	2.70 $\tau_{c(X)}(90^\circ)=2.70$ $\tau_{c(Y)}(90^\circ)=1.08$	2.70

4.3.4 応力強さ σ

胴の応力強さ σ は、第4-1～3表に示したX方向、Y方向、2方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組み合わせ、耐震評価結果として用いている。

<水平1方向のうち、X方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_x(\theta)$ >
主応力 $\sigma_{1,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,X}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,X}(\theta) = 0$$

第4-3表 水平地震時のせん断応力分布

角度	X方向入力時 応力 (MPa) $\tau_x(\theta)$	Y方向入力時 応力 (MPa) $\tau_y(\theta)$	2方向入力時応力 (MPa)	
			組合せ係数法 $\tau_c(\theta)$	SRSS法 $\tau_s(\theta)$
0° 方向	0.00	2.70	2.70 $\tau_{c(X)}(0^\circ)=1.08$ $\tau_{c(Y)}(0^\circ)=2.70$	2.70
22.5° 方向	1.03	2.49	2.91 $\tau_{c(X)}(22.5^\circ)=2.03$ $\tau_{c(Y)}(22.5^\circ)=2.91$	2.70
45° 方向	1.91	1.91	2.67 $\tau_{c(X)}(45^\circ)=2.67$ $\tau_{c(Y)}(45^\circ)=2.67$	2.70
67.5° 方向	2.49	1.03	2.91 $\tau_{c(X)}(67.5^\circ)=2.91$ $\tau_{c(Y)}(67.5^\circ)=2.03$	2.70
90° 方向	2.70	0.00	2.70 $\tau_{c(X)}(90^\circ)=2.70$ $\tau_{c(Y)}(90^\circ)=1.08$	2.70

4.3.4 応力強さ σ

胴の応力強さ σ は、第4-1表～第4-3表に示したX方向、Y方向、2方向入力時それぞれの軸方向応力 σ_x 、周方向応力 σ_ϕ 及びせん断応力 τ を組み合わせ、耐震評価結果として用いている。

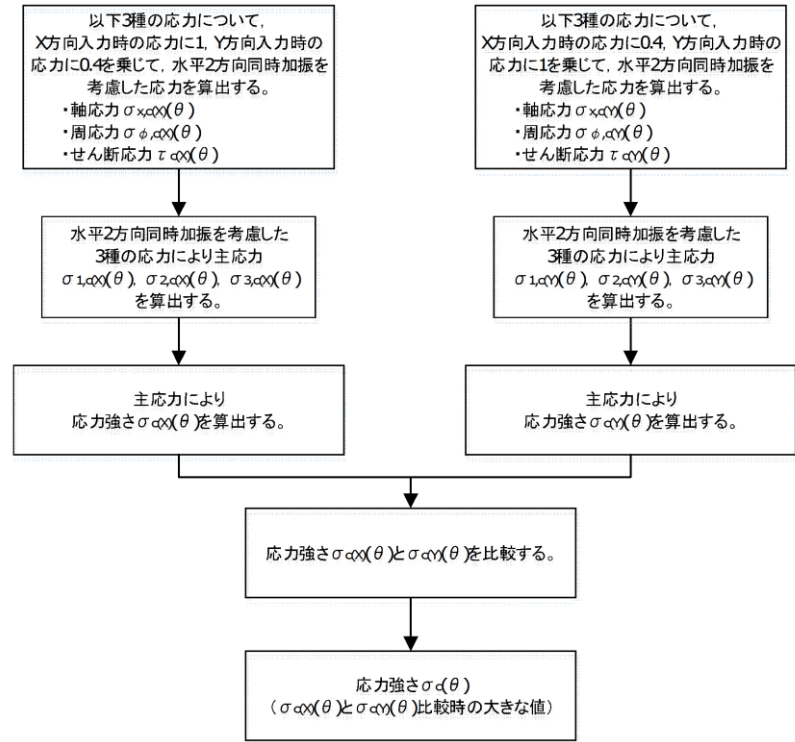
<水平1方向のうち、X方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_x(\theta)$ >
主応力 $\sigma_{1,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{2,X}(\theta)$ 、 $\sigma_{3,X}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{z,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{2,X}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,X}(\theta) + \sigma_{\phi,X}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{z,X}(\theta) - \sigma_{\phi,X}(\theta))^2 + 4\tau_X(\theta)^2} \right)$$

$$\sigma_{3,X}(\theta) = 0$$

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>各主応力により、応力強さ $\sigma_x(\theta)$ は以下のとおりとなる。 $\sigma_x(\theta) = \max(\sigma_{1,x}(\theta) - \sigma_{2,x}(\theta) , \sigma_{2,x}(\theta) - \sigma_{3,x}(\theta) , \sigma_{3,x}(\theta) - \sigma_{1,x}(\theta))$</p> <p>なお、Y方向入力時の応力強さ $\sigma_y(\theta)$ は、上記の式におけるXをYに置き換えた式により算出する。</p> <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合、第4-1表より $\sigma_{x,x}(0^\circ) = 12.28$、第4-2表より $\sigma_{\phi,x}(0^\circ) = 3.54$、第4-3表より $\tau_x(0^\circ) = 0$ であるため</p> $\sigma_{1,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 12.28$ $\sigma_{2,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 3.54$ $\sigma_{3,x}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって、 $\sigma_x(0^\circ) = \max(12.28 - 3.54 , 3.54 - 0 , 0 - 12.28) = 12.28$</p> <p><組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(\theta)$> $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを第4-5図に示す。</p>	<p>各主応力により、応力強さ $\sigma_x(\theta)$ は以下のとおりとなる。 $\sigma_x(\theta) = \max(\sigma_{1,x}(\theta) - \sigma_{2,x}(\theta) , \sigma_{2,x}(\theta) - \sigma_{3,x}(\theta) , \sigma_{3,x}(\theta) - \sigma_{1,x}(\theta))$</p> <p>なお、Y方向入力時の応力強さ $\sigma_y(\theta)$ は、上記の式におけるXをYに置き換えた式により算出する。</p> <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合、第4-1表より $\sigma_{x,x}(0^\circ) = 12.28$、第4-2表より $\sigma_{\phi,x}(0^\circ) = 3.54$、第4-3表より $\tau_x(0^\circ) = 0$ であるため</p> $\sigma_{1,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 12.28$ $\sigma_{2,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(0)^2} \right) = 3.54$ $\sigma_{3,x}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって、 $\sigma_x(0^\circ) = \max(12.28 - 3.54 , 3.54 - 0 , 0 - 12.28) = 12.28$</p> <p><組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(\theta)$> $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを第4-5図に示す。</p>	<p>各主応力により、応力強さ $\sigma_x(\theta)$ は以下のとおりとなる。 $\sigma_x(\theta) = \max(\sigma_{1,x}(\theta) - \sigma_{2,x}(\theta) , \sigma_{2,x}(\theta) - \sigma_{3,x}(\theta) , \sigma_{3,x}(\theta) - \sigma_{1,x}(\theta))$</p> <p>なお、Y方向入力時の組合せ応力強さ $\sigma_y(\theta)$ は、上記の式におけるXをYに置き換えた式により算出する。</p> <p>ここで、$\theta = 0^\circ$ の場合、第4-1表より $\sigma_{z,x}(0^\circ) = 12.28$、第4-2表より $\sigma_{\phi,x}(0^\circ) = 3.54$、第4-3表より $\tau_x(0^\circ) = 0$ であるため、</p> $\sigma_{1,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (0.00)^2} \right) = 12.28$ $\sigma_{2,x}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (0.00)^2} \right) = 3.54$ $\sigma_{3,x}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって、 $\sigma_x(0^\circ) = \max(12.28 - 3.54 , 3.54 - 0.00 , 0.00 - 12.28) = 12.28$</p> <p><組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(\theta)$> $\sigma_c(\theta)$ の算出フローを第4-5図に示す。</p>	



第4-5図 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

X方向入力時の応力に1, Y方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力は以下のとおりとなる。

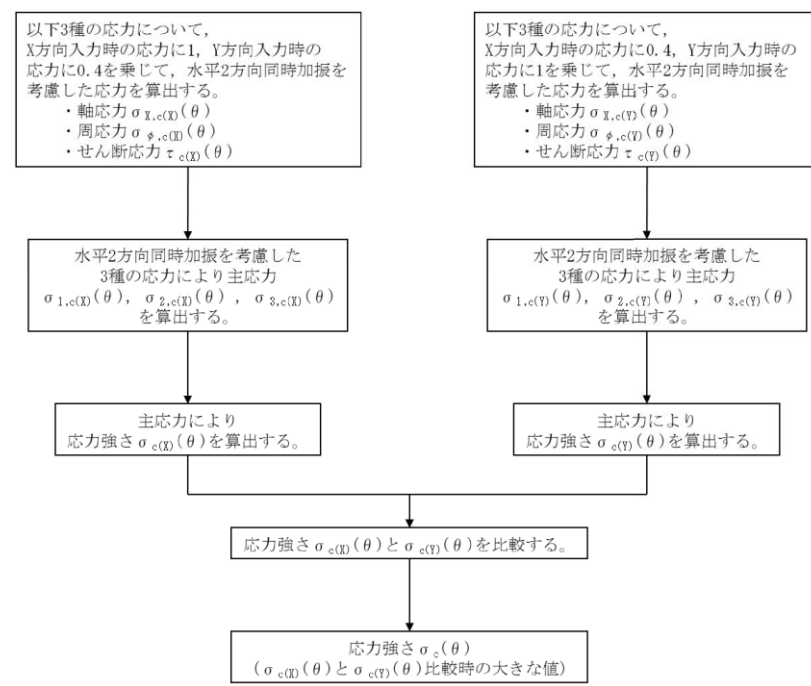
$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

水平2方向同時加振を考慮した各応力により、主応力 $\sigma_{1,c(X)}(\theta), \sigma_{2,c(X)}(\theta), \sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$$



第4-5図 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

X方向入力時の応力に1, Y方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力は以下のとおりとなる。

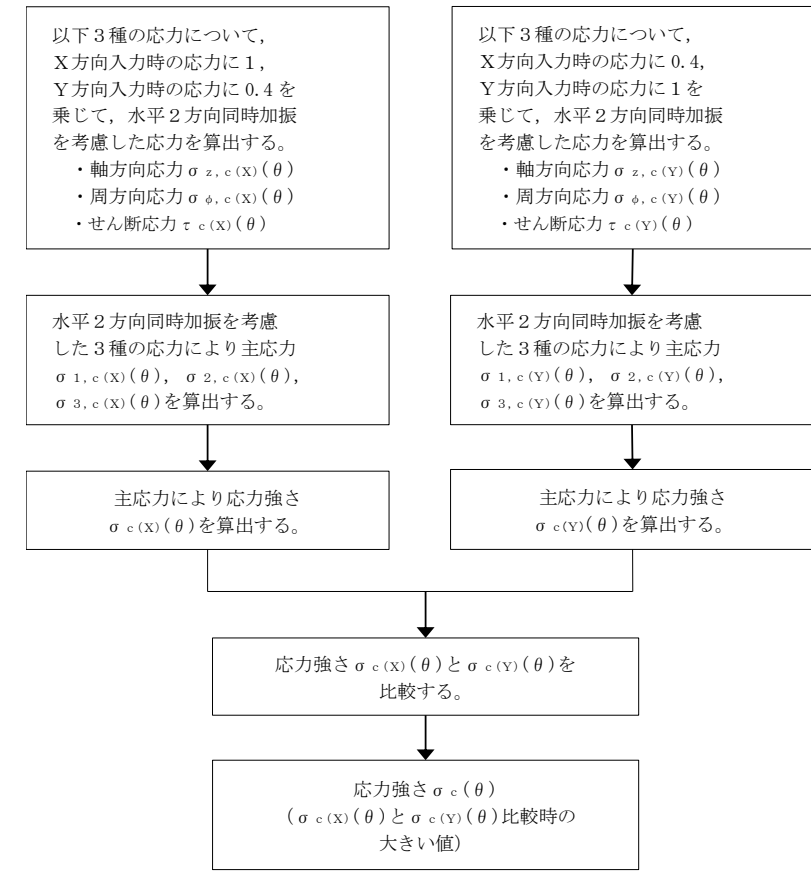
$$\sigma_{x,c(X)}(\theta) = \sigma_{x,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{x,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

水平2方向同時加振を考慮した各応力により、主応力 $\sigma_{1,c(X)}(\theta), \sigma_{2,c(X)}(\theta), \sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$$



第4-5図 組合せ係数法による応力強さ算出フロー

X方向入力時の応力に1, Y方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力は以下のとおりとなる。

$$\sigma_{z,c(X)}(\theta) = \sigma_{z,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{z,Y}(\theta)$$

$$\sigma_{\phi,c(X)}(\theta) = \sigma_{\phi,X}(\theta) + 0.4 \times \sigma_{\phi,Y}(\theta)$$

$$\tau_{c(X)}(\theta) = \tau_X(\theta) + 0.4 \times \tau_Y(\theta)$$

水平2方向同時加振を考慮した各応力により、主応力 $\sigma_{1,c(X)}(\theta), \sigma_{2,c(X)}(\theta), \sigma_{3,c(X)}(\theta)$ は以下のとおりに表される。

$$\sigma_{1,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{z,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$$

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
$\sigma_{2,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$ $\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$ <p>各主応力により，応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> $\sigma_{c(X)}(\theta) = \max(\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta) , \sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta) , \sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta))$ <p>同様に，Y方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力により，応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。</p> <p>この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し，大きな値を $\sigma_c(\theta)$ とする。</p> $\sigma_c(\theta) = \max(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$ <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合，第4-1表より $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ) = 12.28$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 3.54$，第4-3表より $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 1.08$ であるため，</p> $\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 12.41$ $\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 3.41$ $\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって，応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> $\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \max(12.41 - 3.41 , 3.41 - 0 , 0 - 12.41) = 12.41$ <p>同様に，第4-1表より $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ) = 1.42$，第4-3表より $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 2.70$ であるため</p> $\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 6.38$	$\sigma_{2,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$ $\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$ <p>各主応力により，応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> $\sigma_{c(X)}(\theta) = \max(\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta) , \sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta) , \sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta))$ <p>同様に，Y方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力により，応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。</p> <p>この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し，大きな値を $\sigma_c(\theta)$ とする。</p> $\sigma_c(\theta) = \max(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$ <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合，第4-1表より $\sigma_{x,c(X)}(0^\circ) = 12.28$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 3.54$，第4-3表より $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 1.08$ であるため，</p> $\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 12.41$ $\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(1.08)^2} \right) = 3.41$ $\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって，応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> $\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \max(12.41 - 3.41 , 3.41 - 0 , 0 - 12.41) = 12.41$ <p>同様に，第4-1表より $\sigma_{x,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ) = 1.42$，第4-3表より $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 2.70$ であるため</p> $\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 6.38$	$\sigma_{2,c(X)}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,c(X)}(\theta) + \sigma_{\phi,c(X)}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{z,c(X)}(\theta) - \sigma_{\phi,c(X)}(\theta))^2 + 4\tau_{c(X)}(\theta)^2} \right)$ $\sigma_{3,c(X)}(\theta) = 0$ <p>各主応力により，応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> $\sigma_{c(X)}(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{1,c(X)}(\theta) - \sigma_{2,c(X)}(\theta) , \sigma_{2,c(X)}(\theta) - \sigma_{3,c(X)}(\theta) , \sigma_{3,c(X)}(\theta) - \sigma_{1,c(X)}(\theta))$ <p>同様に，Y方向入力時の応力に1，X方向入力時の応力に0.4を乗じて組み合わせた水平2方向同時加振を考慮した応力により，応力強さ $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を算出する。</p> <p>この応力強さ $\sigma_{c(X)}(\theta)$ と $\sigma_{c(Y)}(\theta)$ を比較し，大きい値を $\sigma_c(\theta)$ とする。</p> $\sigma_c(\theta) = \text{MAX}(\sigma_{c(X)}(\theta), \sigma_{c(Y)}(\theta))$ <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合，第4-1表より $\sigma_{z,c(X)}(0^\circ) = 12.28$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(X)}(0^\circ) = 3.54$，第4-3表より $\tau_{c(X)}(0^\circ) = 1.08$ であるため，</p> $\sigma_{1,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (1.08)^2} \right) = 12.41$ $\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (1.08)^2} \right) = 3.41$ $\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$ <p>となる。したがって，応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> $\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \text{MAX}(12.41 - 3.41 , 3.41 - 0.00 , 0.00 - 12.41) = 12.41$ <p>同様に，第4-1表より $\sigma_{z,c(Y)}(0^\circ) = 4.91$，第4-2表より $\sigma_{\phi,c(Y)}(0^\circ) = 1.42$，第4-3表より $\tau_{c(Y)}(0^\circ) = 2.70$ であるため，</p> $\sigma_{1,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times (2.70)^2} \right) = 6.38$	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>$\sigma_{2,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = -0.05$</p> <p>$\sigma_{3,c(Y)}(0^\circ) = 0$</p> <p>となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> <p>$\sigma_{c(Y)}(0^\circ) = \max(6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0 , 0 - 6.38) = 6.43$</p> <p>応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ により、組合せ係数法による水平2方向同時加振時を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は</p> <p>$\sigma_c(0^\circ) = \max(12.41, 6.43) = 12.41$</p> <p>となる。</p> <p><SRSS法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_s(\theta)$></p> <p>主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$, $\sigma_{2,s}(\theta)$, $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおりに表される。</p> <p>$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{3,s} = 0$</p> <p>各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> <p>$\sigma_s(\theta) = \max(\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta) , \sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta) , \sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta))$</p> <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、第4-1表より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 12.28$, 第4-2表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 3.54$, 第4-3表より $\tau_s(0^\circ) = 2.70$ であるため、</p>	<p>$\sigma_{2,c(X)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = -0.05$</p> <p>$\sigma_{3,c(X)}(0^\circ) = 0$</p> <p>となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> <p>$\sigma_{c(X)}(0^\circ) = \max(6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0 , 0 - 6.38) = 6.43$</p> <p>応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ により、組合せ係数法による水平2方向同時加振時を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は</p> <p>$\sigma_c(0^\circ) = \max(12.41, 6.43) = 12.41$</p> <p>となる。</p> <p><SRSS法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_s(\theta)$></p> <p>主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$, $\sigma_{2,s}(\theta)$, $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおりに表される。</p> <p>$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{x,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{3,s}(\theta) = 0$</p> <p>各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> <p>$\sigma_s(\theta) = \max(\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta) , \sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta) , \sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta))$</p> <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、第4-1表より $\sigma_{x,s}(0^\circ) = 12.28$, 第4-2表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 3.54$, 第4-3表より $\tau_s(0^\circ) = 2.70$ であるため、</p>	<p>$\sigma_{2,c(Y)}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4(2.70)^2} \right) = -0.05$</p> <p>$\sigma_{3,c(Y)}(0^\circ) = 0$</p> <p>となる。したがって、応力強さ $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ は以下のように算出される。</p> <p>$\sigma_{c(Y)}(0^\circ) = \max(6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0.00 , 0.00 - 6.38) = 6.43$</p> <p>応力強さ $\sigma_{c(X)}(0^\circ)$ と $\sigma_{c(Y)}(0^\circ)$ の比較により、組合せ係数法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_c(0^\circ)$ は、</p> <p>$\sigma_c(0^\circ) = \max(12.41, 6.43) = 12.41$</p> <p>となる。</p> <p><SRSS法による水平2方向同時加振を考慮した応力強さ $\sigma_s(\theta)$></p> <p>主応力 $\sigma_{1,s}(\theta)$, $\sigma_{2,s}(\theta)$, $\sigma_{3,s}(\theta)$ は以下のとおりに表される。</p> <p>$\sigma_{1,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) + \sqrt{(\sigma_{z,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{2,s}(\theta) = \frac{1}{2} \left(\sigma_{z,s}(\theta) + \sigma_{\phi,s}(\theta) - \sqrt{(\sigma_{z,s}(\theta) - \sigma_{\phi,s}(\theta))^2 + 4\tau_s(\theta)^2} \right)$</p> <p>$\sigma_{3,s}(\theta) = 0$</p> <p>各主応力により、応力強さ $\sigma_s(\theta)$ は以下のとおりとなる。</p> <p>$\sigma_s(\theta) = \max(\sigma_{1,s}(\theta) - \sigma_{2,s}(\theta) , \sigma_{2,s}(\theta) - \sigma_{3,s}(\theta) , \sigma_{3,s}(\theta) - \sigma_{1,s}(\theta))$</p> <p>ここで $\theta = 0^\circ$ の場合には、第4-1表より $\sigma_{z,s}(0^\circ) = 12.28$, 第4-2表より $\sigma_{\phi,s}(0^\circ) = 3.54$, 第4-3表より $\tau_s(0^\circ) = 2.70$ であるため、</p>	

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 13.05$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 2.77$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0|, |0 - 13.05|) = 13.05$$

$\theta = 0^\circ$ の場合にSRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さを第4-4表にまとめる。

第4-4表 SRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さ ($\theta = 0^\circ$)

	X	Y	SRSS法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_x(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} = 12.28$	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 12.28$	$0.4 \times 12.28 + 1.0 \times 0.00 = 4.91$
$\sigma_y(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} = 3.54$	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 3.54$	$0.4 \times 3.54 + 1.0 \times 0.00 = 1.42$
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} = 2.70$	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 = 1.08$	$0.00 \times 0.4 + 2.70 \times 1.0 = 2.70$
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 13.05$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2}] = 12.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 6.38$
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 2.77$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2}] = 3.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2}] = -0.05$
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0	0	0
$\sigma(\theta)$	-	-	MAX (13.05 - 2.77 , 2.77 - 0 , 0 - 13.05) = 13.05	MAX (12.41 - 3.41 , 3.41 - 0 , 0 - 12.41) = 12.41	MAX (6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0 , 0 - 6.38) = 6.43

(注) 本表記載の数値は計算例を示すものであり、実際の評価とは桁数処理の関係上、一致しないことがある。

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 13.05$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4(2.70)^2} \right) = 2.77$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0|, |0 - 13.05|) = 13.05$$

$\theta = 0^\circ$ の場合にSRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さを第4-4表にまとめる。

第4-4表 SRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さ ($\theta = 0^\circ$)

	X	Y	SRSS法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_x(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} = 12.28$	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 12.28$	$0.4 \times 12.28 + 1.0 \times 0.00 = 4.91$
$\sigma_y(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} = 3.54$	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 3.54$	$0.4 \times 3.54 + 1.0 \times 0.00 = 1.42$
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} = 2.70$	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 = 1.08$	$0.00 \times 0.4 + 2.70 \times 1.0 = 2.70$
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 13.05$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2}] = 12.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 6.38$
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 2.70^2}] = 2.77$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times 1.08^2}] = 3.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times 2.70^2}] = -0.05$
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0	0	0
$\sigma(\theta)$	-	-	MAX (13.05 - 2.77 , 2.77 - 0 , 0 - 13.05) = 13.05	MAX (12.41 - 3.41 , 3.41 - 0 , 0 - 12.41) = 12.41	MAX (6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0 , 0 - 6.38) = 6.43

(注) 本表記載の数値は計算例を示すものであり、実際の評価とは桁数処理の関係上、一致しないことがある。

$$\sigma_{1,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (2.70)^2} \right) = 13.05$$

$$\sigma_{2,s}(0^\circ) = \frac{1}{2} \left(12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (2.70)^2} \right) = 2.77$$

$$\sigma_{3,s}(0^\circ) = 0$$

となる。したがって、

$$\sigma_s(0^\circ) = \max(|13.05 - 2.77|, |2.77 - 0.00|, |0.00 - 13.05|) = 13.05$$

$\theta = 0^\circ$ の場合にSRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さを第4-4表にまとめる。

第4-4表 SRSS法, 組合せ係数法を用いて算出した応力強さ ($\theta = 0^\circ$)

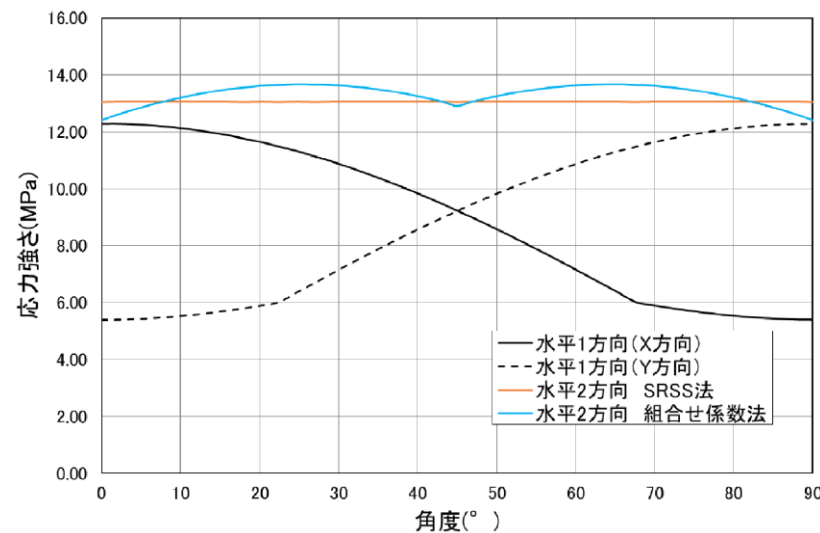
	X方向 入力時	Y方向 入力時	SRSS法	組合せ係数法	
				$1.0 \times X + 0.4 \times Y$	$0.4 \times X + 1.0 \times Y$
$\sigma_x(\theta)$	12.28	0.00	$\sqrt{(12.28^2 + 0.00^2)} = 12.28$	$12.28 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 12.28$	$0.4 \times 12.28 + 1.0 \times 0.00 = 4.91$
$\sigma_y(\theta)$	3.54	0.00	$\sqrt{(3.54^2 + 0.00^2)} = 3.54$	$3.54 \times 1.0 + 0.00 \times 0.4 = 3.54$	$0.4 \times 3.54 + 1.0 \times 0.00 = 1.42$
$\tau(\theta)$	0.00	2.70	$\sqrt{(0.00^2 + 2.70^2)} = 2.70$	$0.00 \times 1.0 + 2.70 \times 0.4 = 1.08$	$0.00 \times 0.4 + 2.70 \times 1.0 = 2.70$
$\sigma_1(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (2.70)^2}] = 13.05$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 + \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (1.08)^2}] = 12.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 + \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times (2.70)^2}] = 6.38$
$\sigma_2(\theta)$	-	-	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (2.70)^2}] = 2.77$	$1/2 \times [12.28 + 3.54 - \sqrt{(12.28 - 3.54)^2 + 4 \times (1.08)^2}] = 3.41$	$1/2 \times [4.91 + 1.42 - \sqrt{(4.91 - 1.42)^2 + 4 \times (2.70)^2}] = -0.05$
$\sigma_3(\theta)$	-	-	0.00	0.00	0.00
$\sigma(\theta)$	-	-	MAX (13.05 - 2.77 , 2.77 - 0.00 , 0.00 - 13.05) = 13.05	MAX (12.41 - 3.41 , 3.41 - 0.00 , 0.00 - 12.41) = 12.41	MAX (6.38 - (-0.05) , -0.05 - 0.00 , 0.00 - 6.38) = 6.43

注1: 本表記載の数値は計算例を示すものであり、実際の評価とは桁数処理の関係上、一致しないことがある。

算出した応力強さの分布及び分布図を第4-5表及び第4-6図に示す。

第4-5表 水平地震時の応力強さ分布

角度	X方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04



第4-6図 水平地震時応力強さ分布図

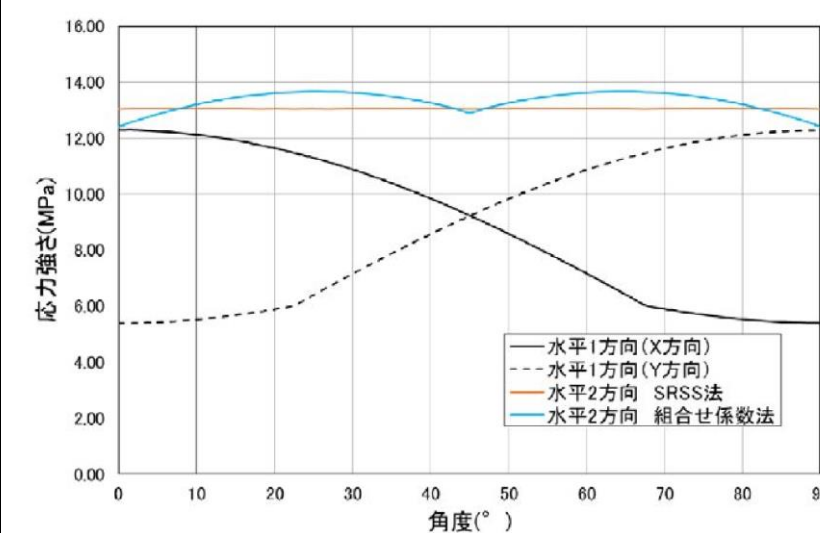
応力強さはSRSS法では全方向において一定であるのに対して、組合せ係数法では24.75° /65.25° 方向に2つのピークをもつ分布となった。応力強さは0° /45° /90° 方向付近ではSRSS法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ24.75° /65.25° 方向付近ではSRSS法を約5%上回る結果となった。

水平2方向入力時のSRSS法による最大応力強さは水平1方向入力時の最大応力強さに対して6%上回る程度であり(第4-6表参照)、水平2方向による影響は軽微と言える。一方、水平2方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては、水平1方向

算出した応力強さの分布及び分布図を第4-5表及び第4-6図に示す。

第4-5表 水平地震時の応力強さ分布

角度	X方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04



第4-6図 水平地震時応力強さ分布図

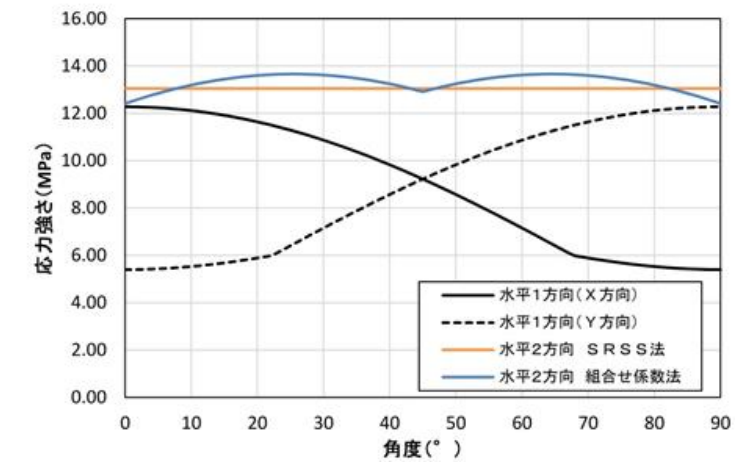
応力強さはSRSS法では全方向において一定であるのに対して、組合せ係数法では24.75° /65.25° 方向に2つのピークをもつ分布となった。応力強さは0° /45° /90° 方向付近ではSRSS法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ24.75° /65.25° 方向付近ではSRSS法を約5%上回る結果となった。

水平2方向入力時のSRSS法による最大応力強さは水平1方向入力時の最大応力強さに対して6%上回る程度であり(第4-6表参照)、水平2方向による影響は軽微と言える。一方、水平2方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては、水平1方

算出した応力強さの分布及び分布図を第4-5表及び第4-6図に示す。

第4-5表 水平地震時の応力強さ分布

角度	X方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_x(\theta)$	Y方向入力時 応力強さ (MPa) $\sigma_y(\theta)$	2方向入力時応力強さ (MPa)	
			組合せ係数法 $\sigma_c(\theta)$	SRSS法 $\sigma_s(\theta)$
0° 方向	12.28	5.40	12.41	13.04
22.5° 方向	11.47	6.03	13.64	13.04
45° 方向	9.22	9.22	12.91	13.04
67.5° 方向	6.03	11.47	13.64	13.04
90° 方向	5.40	12.28	12.41	13.04



第4-6図 水平地震時応力強さ分布図

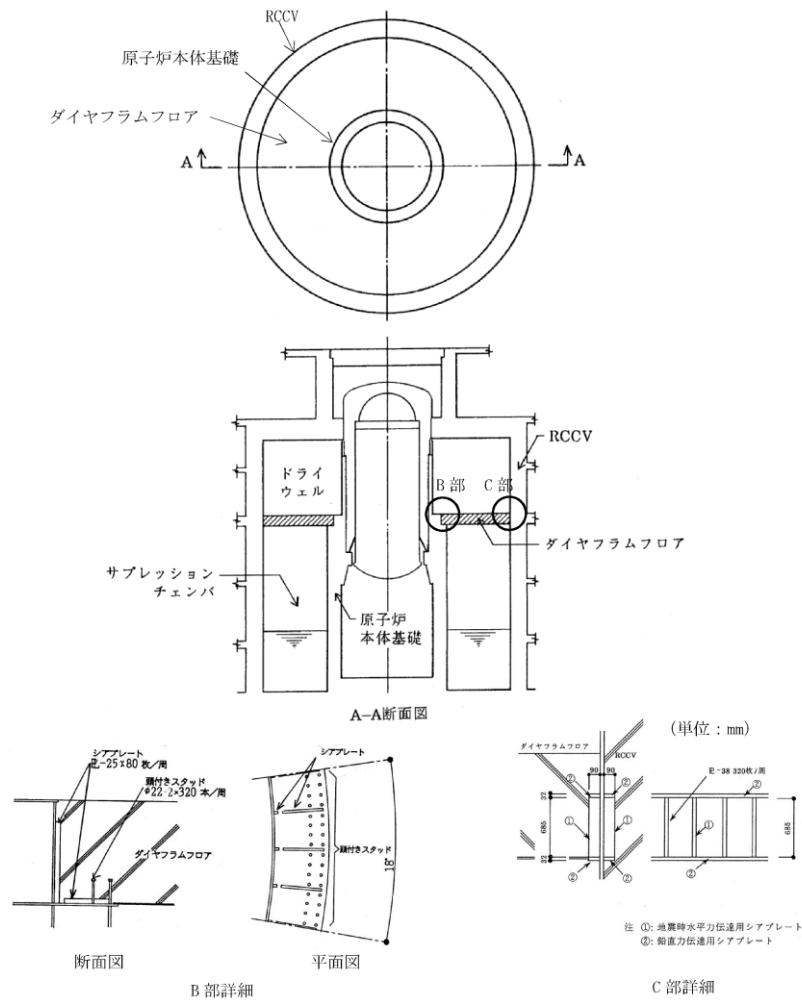
応力強さは、SRSS法では全方向において一定であるのに対し、組合せ係数法では24.75° /65.25° 方向に2つのピークを持つ分布となった。応力強さは0° /45° /90° 方向付近ではSRSS法の方が組合せ係数法に比べ大きな値となるのに対して、組合せ係数法がピークを持つ24.75° /65.25° 方向付近ではSRSS法を約5%上回る結果となった。

水平2方向入力時のSRSS法による最大応力強さは水平1方向入力時の最大応力強さに対して6%上回る程度であり(第4-6表参照)、水平2方向による影響は軽微と言える。一方、水平2方向入力時の組合せ係数法による最大応力強さについては、水

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																	
<p>入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。</p> <p>第4-6表 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響</p> <table border="1" data-bbox="172 653 928 827"> <thead> <tr> <th></th> <th>最大応力強さ [MPa]</th> <th>水平2方向/水平1方向最大応力強さ比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水平1方向入力</td> <td>12.28</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水平2方向入力</td> <td>SRSS法</td> <td>1.06</td> </tr> <tr> <td>組合せ係数法</td> <td>1.11</td> </tr> </tbody> </table>		最大応力強さ [MPa]	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比	水平1方向入力	12.28	—	水平2方向入力	SRSS法	1.06	組合せ係数法	1.11	<p>向入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。</p> <p>第4-6表 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響</p> <table border="1" data-bbox="964 674 1715 848"> <thead> <tr> <th></th> <th>最大応力強さ (MPa)</th> <th>水平2方向/水平1方向最大応力強さ比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水平1方向入力</td> <td>12.28</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水平2方向入力</td> <td>SRSS法</td> <td>1.06</td> </tr> <tr> <td>組合せ係数法</td> <td>1.11</td> </tr> </tbody> </table>		最大応力強さ (MPa)	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比	水平1方向入力	12.28	—	水平2方向入力	SRSS法	1.06	組合せ係数法	1.11	<p>平1方向入力時の最大応力強さに対して11%上回る結果となった。これは水平2方向の影響軽微と判断する基準（応力の増分が1割）を超えているが、本検討においては水平地震力のみを考慮しており、実際の耐震評価においては水平地震力以外に自重、内圧及び鉛直地震力等を考慮して評価を実施することから、水平2方向を考慮した際の応力強さの増分は小さくなる。このため、水平2方向による影響は軽微であると考えられる。</p> <p>第4-6表 水平地震時の最大応力強さ及び水平2方向による影響</p> <table border="1" data-bbox="1762 716 2496 869"> <thead> <tr> <th></th> <th>最大応力強さ (MPa)</th> <th>水平2方向/水平1方向最大応力強さ比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水平1方向入力</td> <td>12.28</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水平2方向入力</td> <td>SRSS法</td> <td>1.06</td> </tr> <tr> <td>組合せ係数法</td> <td>1.11</td> </tr> </tbody> </table>		最大応力強さ (MPa)	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比	水平1方向入力	12.28	—	水平2方向入力	SRSS法	1.06	組合せ係数法	1.11	
	最大応力強さ [MPa]	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比																																		
水平1方向入力	12.28	—																																		
水平2方向入力	SRSS法	1.06																																		
	組合せ係数法	1.11																																		
	最大応力強さ (MPa)	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比																																		
水平1方向入力	12.28	—																																		
水平2方向入力	SRSS法	1.06																																		
	組合せ係数法	1.11																																		
	最大応力強さ (MPa)	水平2方向/水平1方向最大応力強さ比																																		
水平1方向入力	12.28	—																																		
水平2方向入力	SRSS法	1.06																																		
	組合せ係数法	1.11																																		

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p><u>5. 水平2方向同時加振の影響評価について (ダイヤフラムフロア)</u></p> <p>5.1 はじめに 本項は、ダイヤフラムフロアに対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>5.2 ダイヤフラムフロアの構造 ダイヤフラムフロアは鉄筋コンクリート製格納容器（以下「RCCV」という。）をドライウエルとサプレッション・チェンバに仕切る構造物である。ダイヤフラムフロアは鉄筋コンクリート製のスラブであり、RCCV及び原子炉本体基礎で支持されている。ダイヤフラムフロアとRCCVの接合部にはシアプレートが放射状に設置されており、円周方向及び鉛直方向の力の伝達を行う。原子炉本体基礎との接合部には、ダイヤフラムフロアが原子炉本体基礎に上載する構造とし、原子炉本体基礎上面にシアプレート及び頭付きスタッドが放射状に設置されており、円周・半径方向力の伝達を行う（第5-1図）。</p> <p>5.3 現行評価の手法 ダイヤフラムフロアに作用する水平方向の地震力は、NS, EW 方向のうち最大となるものを用いる。 鉄筋コンクリートスラブは軸力、曲げ応力により発生する引張応力度、圧縮応力度及び面外せん断力について評価を実施している。 シアプレート及び頭付きスタッドは、地震時の水平力又は鉛直力によるせん断応力度と曲げモーメントによる曲げ応力度について評価を実施している。</p> <p>5.4 水平2 方向同時加振の影響 鉄筋コンクリートスラブに作用する荷重は鉛直方向の荷重が支配的であり、水平2方向の地震を組み合わせた場合でも、引張応力度、圧縮応力度及び面外せん断力に与える影響は軽微である。 地震時にダイヤフラムフロア全体に加わる水平力Q とした場合、ダイヤフラムフロア端部に加わる水平力q はsin 分布として与えている（第5-2図）ため、地震方向との角度θ が90° の位置で最大となることから、NS, EW 方向で最大となる地震力の位置は異なる（第5-3図）。</p>			<p>・炉型の違い 【柏崎 6/7】 ⑬の相違</p>

さらに、水平2方向同時加振時の水平力の合力は、水平1方向加振時の最大の水平力と比較し、SRSS法を用いた場合は同値、組合せ係数法を用いた場合は最大で約1.08 倍の値となる (第5-4図) ため、水平2方向同時加振の影響は軽微である。



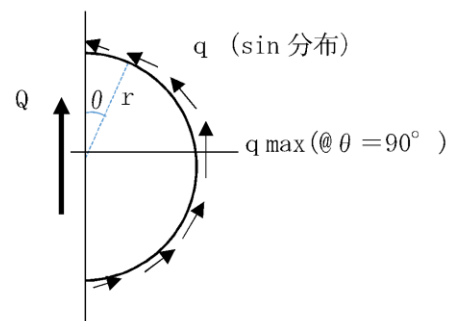
第5-1図 ダイヤモンドフロアの構造 (6号炉の例)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

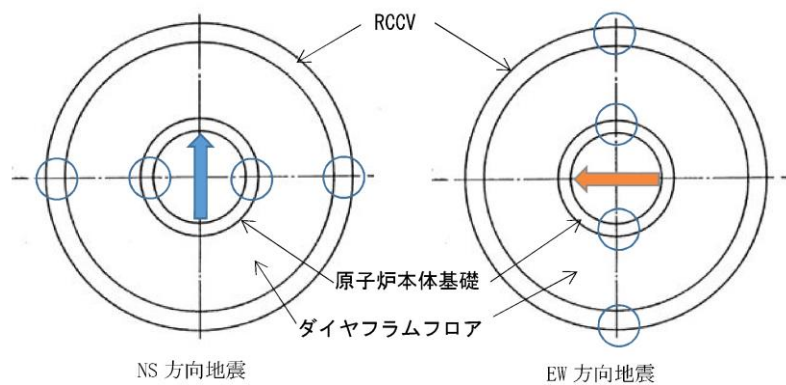
島根原子力発電所 2号炉

備考



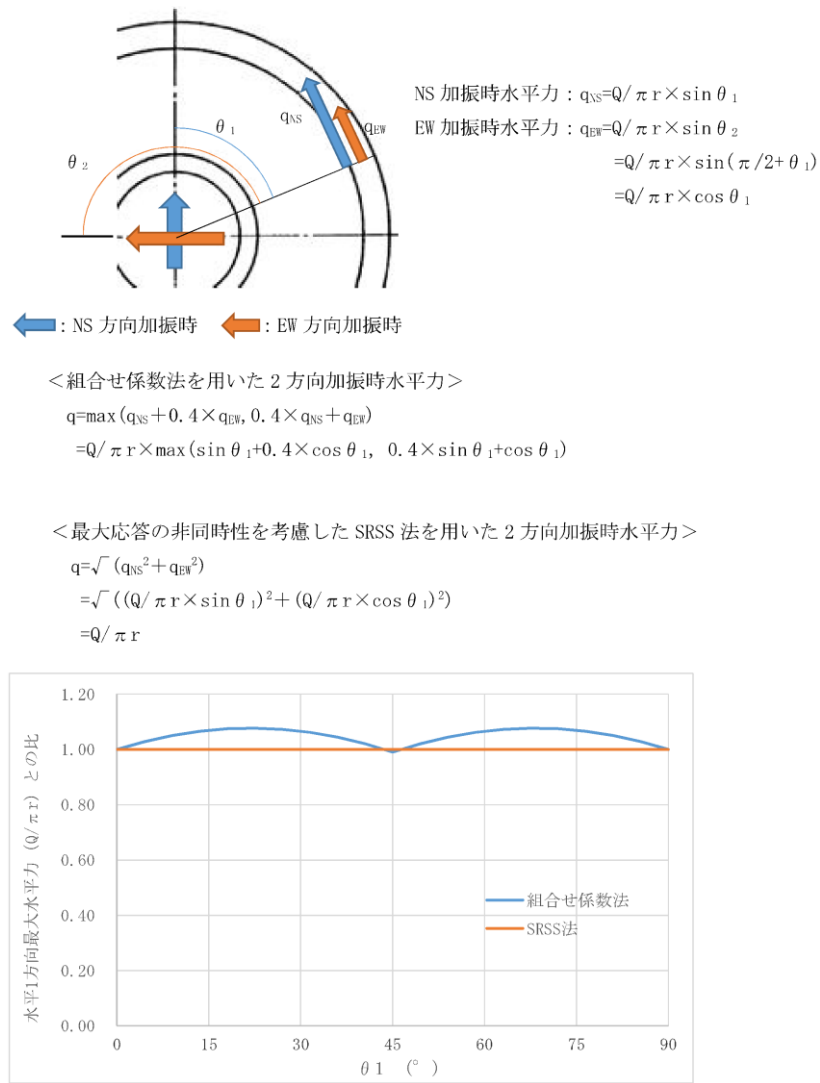
Q: 地震時にダイヤラムフロア全体が受ける水平力
q: ダイヤラム端部に作用する水平力
r: ダイヤラムフロア半径

第5-2図 ダイヤラムフロア端部における水平力の分布



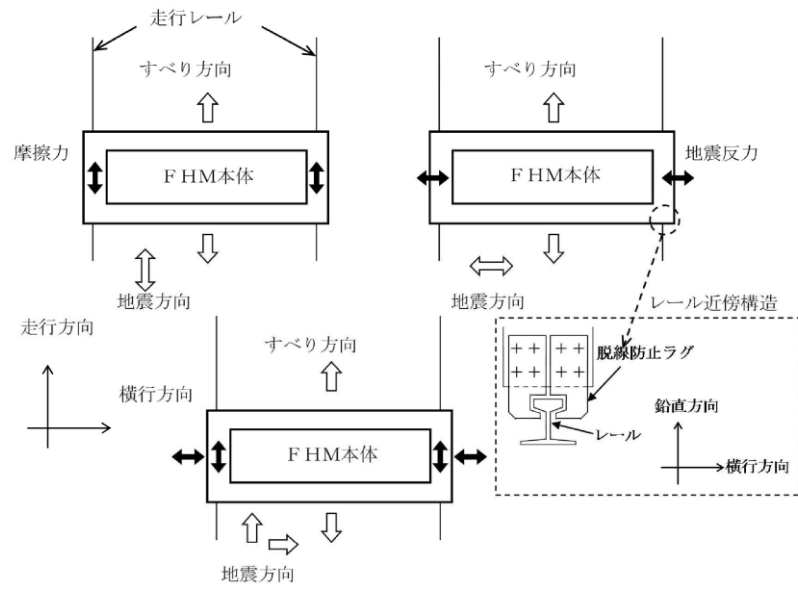
○ 地震時にシアプレート及び頭付きスタッドが受ける水平力が最大となる位置

第5-3図 シアプレート及び頭付きスタッドに与える各方向地震による最大水平力発生点

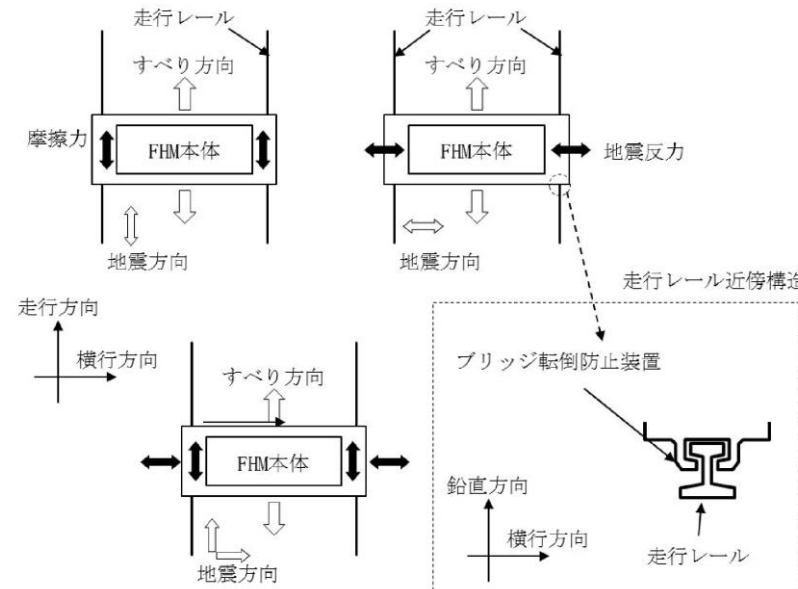


第5-4図 水平2方向同時加振時の水平力分布について

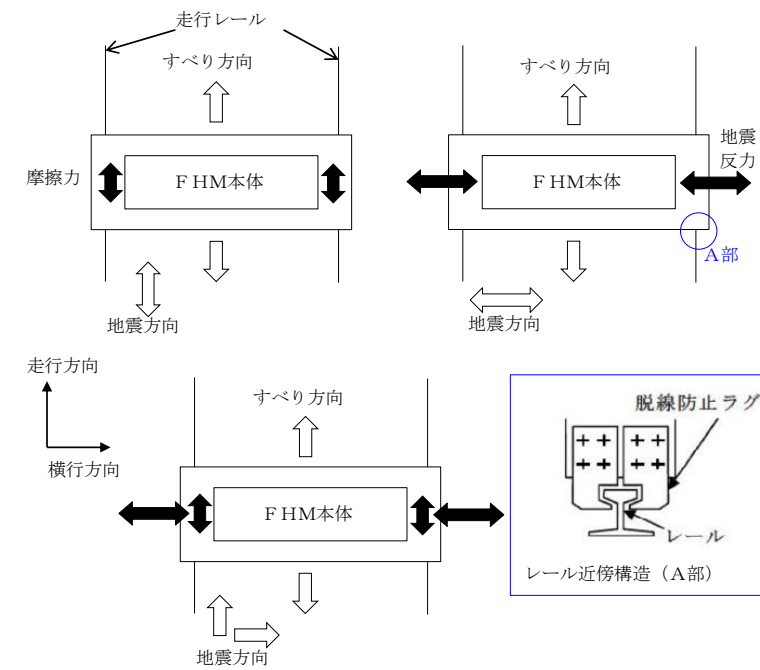
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>6 水平2方向同時加振の影響評価について (燃料取替機)</p> <p>6.1 はじめに</p> <p>本項は、燃料取替機 (以下「FHM」という。) に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>6.2 現行評価の手法</p> <p>FHM はレール上を車輪で移動する構造であるため、基本的には建屋との固定はないが、地震時に横行方向 (走行レールに対し直角方向) にすべりが生じた場合は、レールに沿って取り付けられている脱線防止ラグがレールの側面と接触し、FHMのすべりを制限する構造となっている。つまり、ラグとレールが接触し、FHMが横行方向に建屋と固定された体系では、地震入力にFHM本体へそのまま伝達されることが想定される。</p> <p>一方、走行方向 (走行レールの長手方向) については、FHMの車輪とレールの接触面 (踏面) を介してFHM本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微 (FHM本体への影響は軽微) と考えられる。</p> <p>上記より、FHM本体の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、水平2方向同時加振の考慮として、耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても、従来評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。</p> <p>なお、FHMについては、鉛直地震動が従来の静的地震力から動的地震力へ変更となっていることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向同時加振を想定した場合の現行評価の妥当性について今後の詳細検討において行うこととする。</p>	<p>5 水平2方向同時加振の影響評価について (燃料交換機)</p> <p>5.1 はじめに</p> <p>本項は、燃料交換機 (以下「FHM」という。) に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>5.2 現行評価の手法</p> <p>FHMはレール上を車輪で移動する構造であるため、基本的には建屋との固定はないが、地震時に横行方向 (走行レールに対し直角方向) にすべりが生じた場合は、レールに沿って取り付けられているブリッジ転倒防止装置がレールの側面と接触し、FHMのすべりを制限する構造となっている。つまり、ブリッジ転倒防止装置とレールが接触し、FHMが横行方向に建屋と固定された体系では、地震入力にFHM本体へそのまま伝達されることが想定される。</p> <p>一方、走行方向 (走行レールの長手方向) については、FHMの車輪とレールの接触面 (踏面) を介してFHM本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微 (FHM本体への影響は軽微) と考えられる。</p> <p>上記より、FHM本体の耐震評価では横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、水平2方向同時加振の考慮として、耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても、従来評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。</p> <p>なお、FHMについては、鉛直地震動が従来の静的地震力から動的地震力へ変更となっていることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向同時加振を想定した場合の現行評価の妥当性について今後の詳細検討において行うこととする。</p>	<p>5. 水平2方向同時加振の影響評価について (燃料取替機)</p> <p>5.1 はじめに</p> <p>本項は、燃料取替機 (以下「FHM」という。) に対する水平2方向同時加振の影響についてまとめたものである。</p> <p>5.2 現行評価の手法</p> <p>FHMはレール上を車輪で移動する構造であるため、基本的には建屋との固定はないが、地震時に横行方向 (走行レールに対し直角方向) にすべりが生じた場合は、レールに沿って取り付けられている脱線防止ラグがレールの側面と接触し、FHMのすべりを制限する構造となっている。つまり、ラグとレールが接触し、FHMが横行方向に建屋と固定された体系では、地震入力にFHM本体へそのまま伝達されることが想定される。</p> <p>一方、走行方向 (走行レールの長手方向) については、FHMの車輪とレールの接触面 (踏面) を介してFHM本体へと荷重が伝達される構造であり、その荷重は摩擦力により制限されるため、地震入力により生じる荷重は軽微 (FHM本体への影響は軽微) と考えられる。</p> <p>上記より、FHM本体の耐震評価では、横行方向に対する地震応答が支配的であり、走行方向に対しては比較的軽微であると考えられるため、水平2方向同時加振の考慮として、耐震性評価で走行方向の地震応答を追加で組み合わせたとしても、従来評価の応答結果への影響は小さいと考えられる。</p> <p>なお、FHMについては、鉛直地震動が従来の静的地震力から動的地震力へ変更となっていることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向同時加振を想定した場合の現行評価の妥当性について今後詳細検討を行うこととする。</p>	



第6-1図 燃料取替機の負担する水平地震荷重

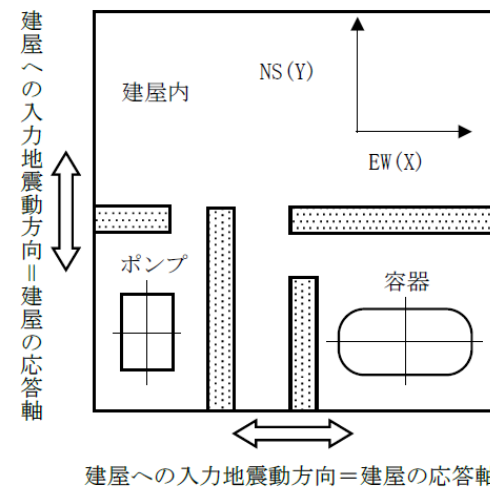


第5-1図 燃料交換機の負担する水平地震荷重

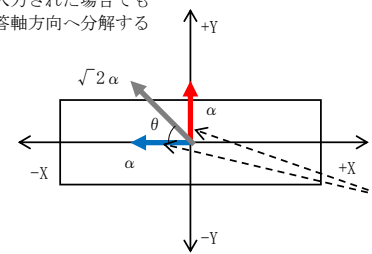


第5-1図 燃料取替機の負担する水平地震荷重

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>6 水平2方向同時加振の影響評価について（応答軸が明確である設備）</p> <p>6.1 はじめに</p> <p>本項は、応答軸が明確である設備について、水平2方向の地震力を考慮した場合においても設備の有する耐震性に対して影響軽微であることを説明するものである。</p> <p>6.2 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明</p> <p>設備の応答軸の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確な設備（以下、「応答軸が明確な設備」という。）があり、このような設備については従来設計手法として、解析時にNS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を設備のX方向及びY方向から入力し、最大応答で評価する等、保守的な評価を実施している。このような応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力による影響が懸念されるようなことはないと考え。その理由を以下に示す。</p> <p>応答軸が明確な設備については、従来設計手法においてもNS・EW方向の包絡した地震力を設備の各応答軸（第6-1図X、Y方向）へ入力しているため、設備にとって厳しい方向となる弱軸方向への入力を用いた評価を実施している。</p> <p>水平2方向の地震力が合成され、設備の応答軸に対して斜めに地震力が入力される場合でも、<u>応答軸が明確な設備は対角方向へ転倒し難く、設備の応答軸方向へ応答し易いため、応答はそれぞれの応答軸方向（弱軸／強軸）に分解される。</u>また、強軸方向に比べて転倒し易い弱軸方向が、最も厳しい条件となるため、実質的には弱軸方向に1方向を入力した場合の応答レベルと同等となる。</p> <p><u>さらに各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸1方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。</u></p> <p><u>なお、設計手法として、NS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を入力して保守的な評価を実施している場合も考えると、応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微であることが分かる。</u></p>	<p><u>6. 水平2方向同時加振の影響評価について（応答軸が明確である設備）</u></p> <p>6.1 はじめに</p> <p>本項は、応答軸が明確である設備について、水平2方向の地震力を考慮した場合においても設備の有する耐震性に対して影響軽微であることを説明するものである。</p> <p>6.2 設備の有する耐震性に対して影響軽微であることの説明</p> <p>設備の応答軸（<u>弱軸・強軸</u>）の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確な設備（以下、「応答軸が明確な設備」という。）があり、このような設備については従来設計手法として、解析時にNS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を設備のX方向及びY方向から入力し、最大応答で評価する等、保守的な評価を実施している。このような応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力による従来設計手法への影響が懸念されるようなことはないと考え。その理由を以下に示す。</p> <p>応答軸が明確な設備については、従来設計手法においても<u>建物・構築物のNS・EW方向の応答を包絡した地震力を設備の各応答軸（第6-1図 X、Y方向）へ入力しているため、設備にとって厳しい方向となる弱軸方向への入力を用いた評価を実施している。</u></p> <p><u>水平2方向の地震力を想定した場合、2方向の地震力が合成されるとすると、最大値が同時に発生する場合、最大で$\sqrt{2}$倍の大きさの入力となることが考えられるが、</u>応答軸が明確な設備は対角方向へ転倒し難く、設備の応答軸方向へ応答し易いため、応答はそれぞれの応答軸方向（弱軸／強軸）に分解され、<u>強軸側の応答は十分に小さくなる。</u>また、強軸方向に比べて転倒し易い弱軸方向が、最も厳しい条件となるため、実質的には弱軸方向に1方向を入力した場合の応答レベルと同等となる。各方向における最大値の生起時刻の非同時性を考慮すると、さらにその影響は小さくなり、弱軸1方向入力による評価と大きく変わらない結果となる。</p> <p>設計手法としてNS・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を入力して保守的な評価を実施していることも考えると、<u>応答軸が明確な設備については、水平2方向の地震力を考慮した場合においても影響軽微であるといえる。</u></p>	<p>・記載の充実 【柏崎6/7】 ⑭の相違</p>



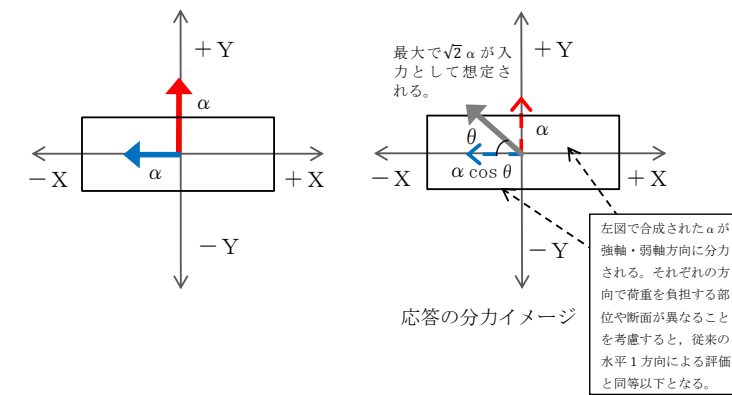
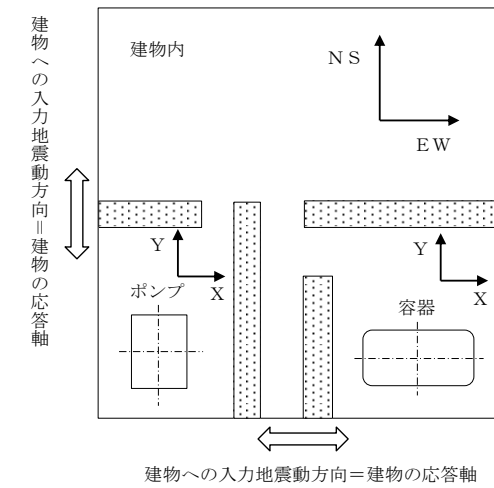
斜め方向が入力された場合でも
応答は各応答軸方向へ分解する



強軸方向 (青) に比べて転倒し易い
弱軸方向 (赤) が最弱条件となる。
→従来設計手法においても、弱軸
方向での水平1方向による評価を
実施しているため評価結果は同等
以下となる。

第6-1図 水平2方向同時加振時の応答イメージ

上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。第6-1表に応答軸が明確な設備の例を示す。



第6-1図 水平2方向同時加振時の応答イメージ

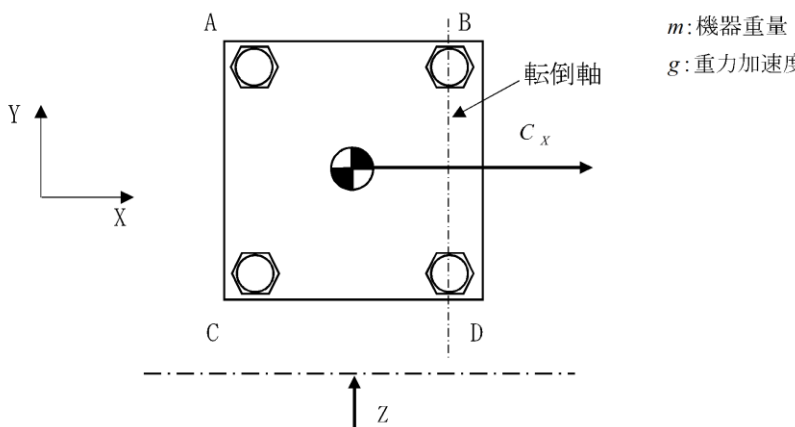
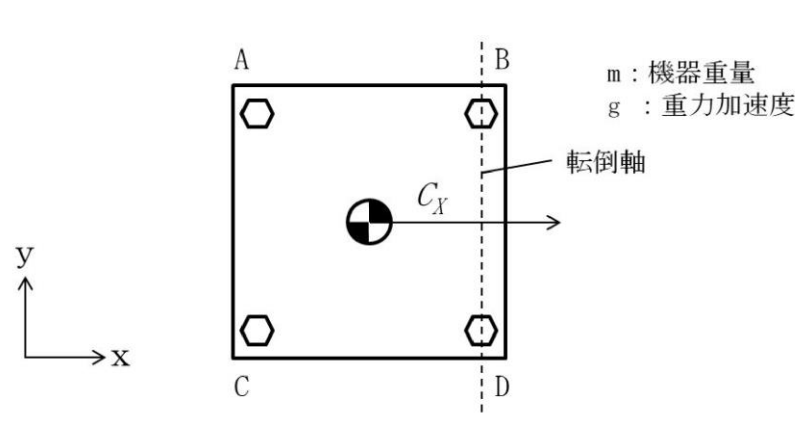
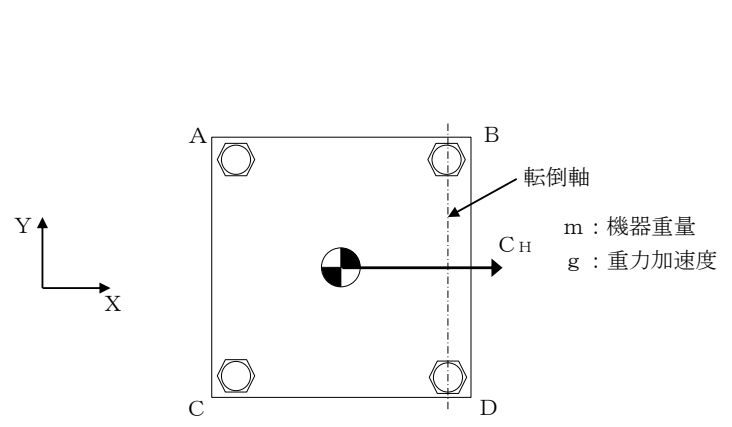
上述の考え方は、設備の応答軸の方向と入力方向の関係によるものであることから、部位・応力分類によらず、各設備の耐震評価における入力方法によって影響軽微か否かを判断できると考える。第6-1表に応答軸が明確な設備の例を示す。

第6-1表 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
横置き容器		横置き円筒形容器は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡地震力を用いている。
空調ファン、空調ユニット、横形ポンプ、電気盤（ボルト）、非常用ディーゼル機関・発電機（ボルト）		空調ファン及び空調ユニット等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向へ転倒し難く、設備の各応答軸方向へ応答し易いため、その方向に地震力を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡地震力を用いている。

第6-1表 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
横置円筒形容器		横置円筒形容器は矩形形状の支持脚により支持されており強軸と弱軸の関係が明確である。この応答軸の方向に地震力を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡地震力を用いている。
空調ファン、空調ユニット、横形ポンプ、電気盤（ボルト）、ディーゼル発電機（ボルト）等		空調ファン等は矩形に配置されたボルトにて支持されている。対角方向の剛性が高く、水平地震力に対して斜め方向へ転倒することなく、弱軸/強軸方向にしか応答せず、その方向に地震力を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡地震力を用いている。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>7 水平2 方向同時加振の影響評価について (矩形配置されたボルト)</p> <p>7.1 はじめに</p> <p>本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては、弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため、機器の形状を正方形として検討をおこなった。</p> <p>7.2 引張応力への影響</p> <p>水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため機器の振動による影響は考えないこととする。</p> <p>(1) 水平1方向に地震力が作用する場合</p> <p>第7-1図のようにX方向に震度C_xが与えられる場合を考慮する。</p>  <p>第7-1図 水平1方向の地震力による応答 (概要)</p> <p>この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは</p> $F_H = mgC_x \quad (\text{式1})$ <p>と表せ、F_HによりボルトBとボルトDの中心を結んだ軸を中心に転倒モーメントを生じる。この転倒モーメントはボルトA, Cにより負担される。</p> <p>このとき、系の重心に生じる力は、第7-2図に示すとおりである。</p>	<p>7 水平2 方向同時加振の影響評価について (正方形配置されたボルト)</p> <p>7.1 はじめに</p> <p>本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては、弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため、機器の形状を正方形として検討をおこなった。</p> <p>7.2 引張応力への影響</p> <p>水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため機器の振動による影響は考えないこととする。</p> <p>(1) 水平1方向に地震力が作用する場合</p> <p>第7-1図のようにX 方向に震度C_xが与えられる場合を考慮する。</p>  <p>第7-1図 水平1方向の地震力による応答 (概要)</p> <p>この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは</p> $F_H = mg C_x \quad (\text{式1})$ <p>と表せ、F_HによりボルトBとボルトDの中心を結んだ軸を中心に転倒モーメントを生じる。この転倒モーメントはボルトA, Cにより負担される。</p> <p>このとき、系の重心に生じる力は、第7-2図に示すとおりである。</p>	<p>7. 水平2 方向同時加振の影響評価について (矩形配置されたボルト)</p> <p>7.1 はじめに</p> <p>本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の矩形配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。強軸・弱軸が明確なものについては、弱軸方向に応答し水平2方向地震力による影響が軽微であるため、機器の形状を正方形として検討を行った。</p> <p>7.2 引張応力への影響</p> <p>水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため、機器の振動による影響は考えないこととする。</p> <p>(1) 水平1方向に地震力が作用する場合</p> <p>第7-1 図のようにX方向に震度C_Hが与えられる場合を考慮する。</p>  <p>第7-1 図 水平1方向の地震力による応答 (概要)</p> <p>この場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは、</p> $F_H = m g C_H$ <p>と表せ、F_HによりボルトB, Dの中心を結んだ軸を中心に転倒モーメントが生じる。この転倒モーメントはボルトA, Cにより負担される。</p> <p>このとき、系の重心に生じる力は、第7-2 図に示すとおりである。</p>	

機器が転倒を起こさない場合、転倒支点まわりの転倒モーメントとボルトからの反力が釣り合うため、水平方向地震動によりボルトに発生する全引張力 F_b は

$$F_b = \frac{1}{L}(mgC_x h) \quad (式2)$$

となる。

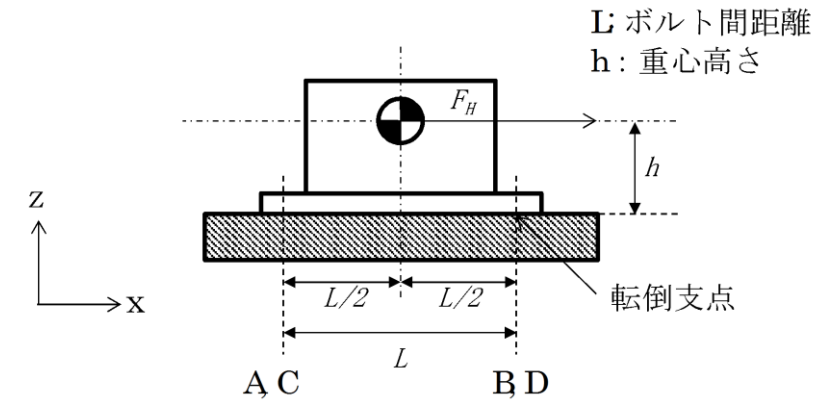
ボルトに掛かる引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A_b のボルト n_f 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b} \quad (式3)$$

である。水平1方向地震力を考慮する場合、ボルトA, Cで全引張力を負担することから、 $n_f=2$ であり、ボルトに掛かる引張応力 σ_b は

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{mgC_x h}{2A_b L} \quad (式4)$$

となる。



第7-2図 水平1方向の地震力による力

機器が転倒を起こさない場合、転倒支点まわりの転倒モーメントとボルトからの反力が釣り合うため、水平方向地震動によりボルトに発生する全引張力 F_b は

$$F_b = \frac{1}{L}(mgC_x h) \quad (式2)$$

となる。

ボルトに掛かる引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A のボルト n 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n A} \quad (式3)$$

である。水平1方向地震力を考慮する場合、ボルトA, Cで全引張力を負担することから、 $n = 2$ であり、ボルトに掛かる引張応力 σ_b は

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2 A} = \frac{mgC_x h}{2A L} \quad (式4)$$

となる。

機器が転倒を起こさない場合、転倒支点まわりの転倒モーメントとボルトからの反力が釣り合うため、水平方向地震動によりボルトに発生する全引張力 F_b は、

$$F_b = \frac{1}{L}(m g C_H h)$$

となる。

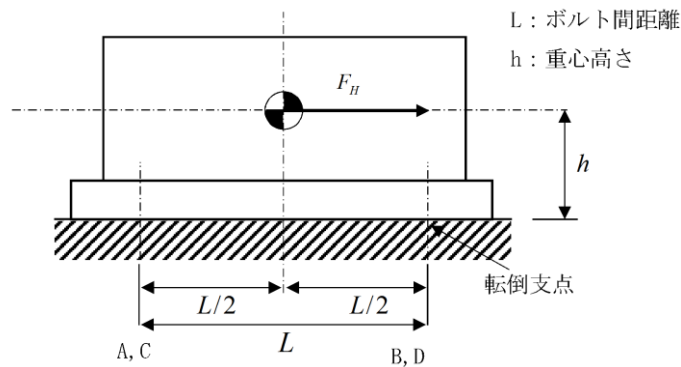
ボルトに発生する引張応力 σ_b は全引張力を断面積 A_b のボルト n_f 本で受けると考え、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

である。水平1方向地震力を考慮する場合、ボルトA, Cで全引張力を負担することから、 $n_f=2$ であるため、ボルトに発生する引張応力 σ_b は、

$$\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{m g C_H h}{2A_b L}$$

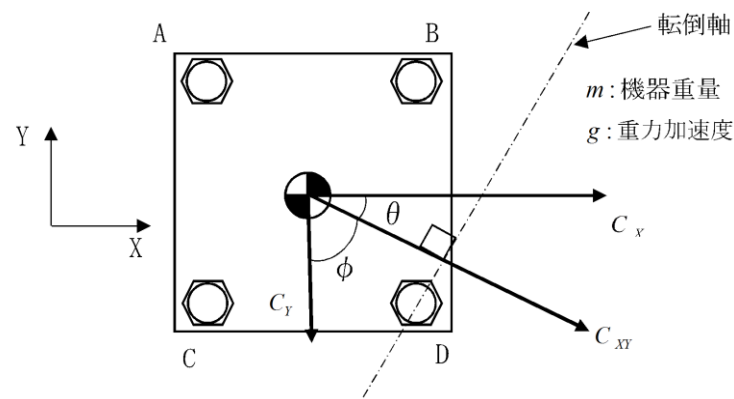
となる。



第7-2図 水平1方向の地震力による力 (Z 矢視図)

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

第7-3図のようにX方向とY方向にそれぞれ震度 C_X , C_Y が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が発生する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1:0.4 ($0.4C_X=C_Y$)と仮定する。



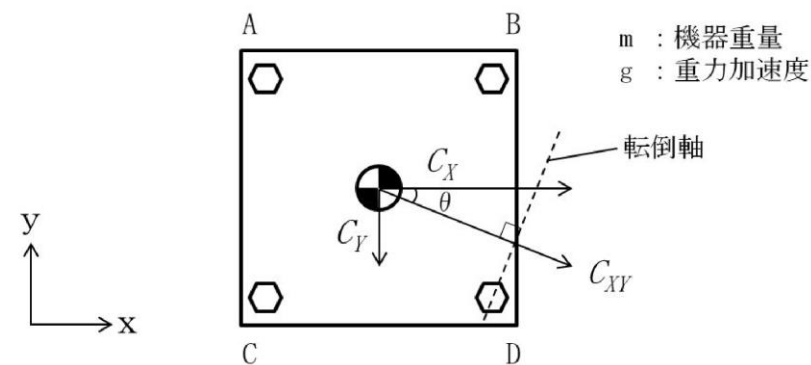
第7-3図 水平2方向の地震力による応答 (概要)

この時 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{4}{10}\right)$ であることから、水平方向の震度 C_{XY} は

$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos \phi \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \quad (\text{式5}) \end{aligned}$$

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

第7-3図のようにX方向とY方向にそれぞれ震度 C_X , C_Y が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が発生する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1:0.4 ($0.4C_X=C_Y$)と仮定する。

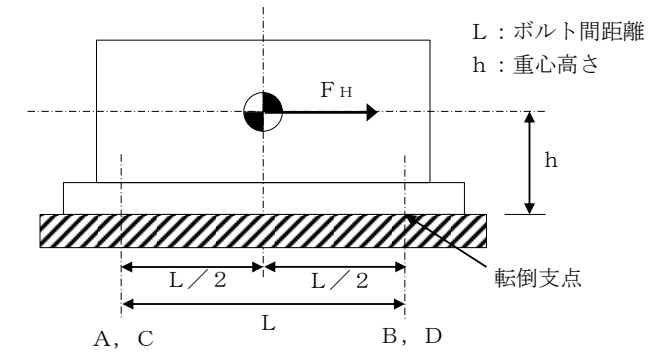


第7-3図 水平2方向の地震力による応答 (概要)

この時、 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{C_Y}{C_X}\right) = \tan^{-1}(0.4)$ であることから、水平方

向の震度 C_{XY} は

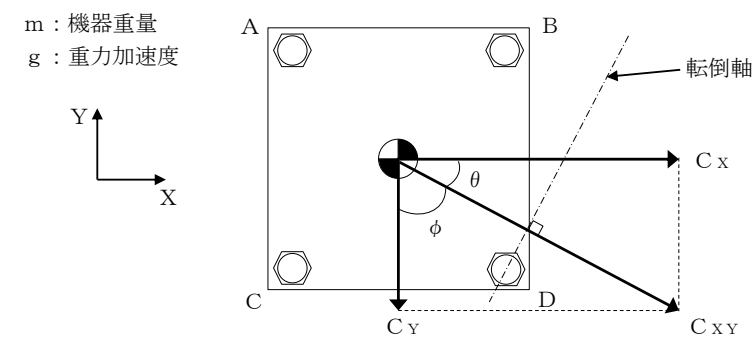
$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \quad (\text{式5}) \end{aligned}$$



第7-2図 水平1方向の地震力による力

(2) 水平2方向に地震力が作用する場合

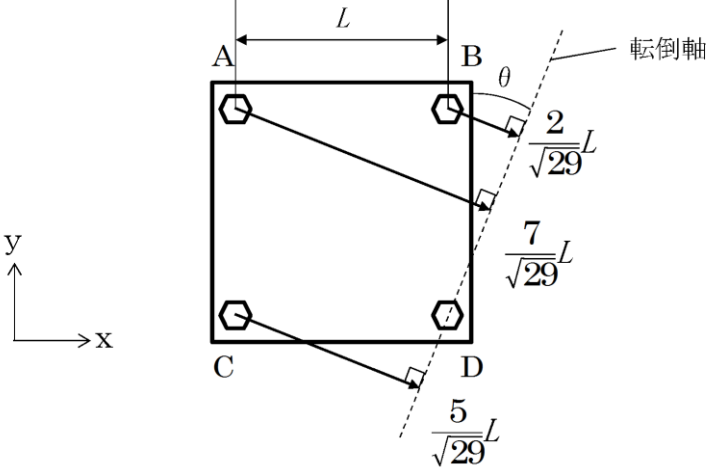
第7-3図のようにX方向とY方向にそれぞれ震度 C_X , C_Y が作用する場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1:0.4 ($0.4C_X=C_Y$)と仮定する。



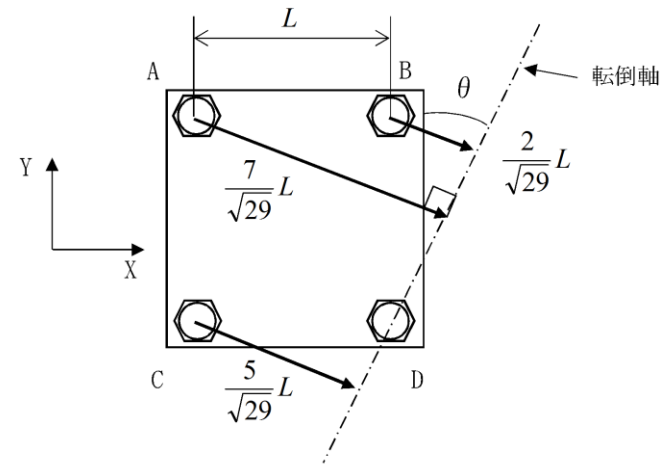
第7-3図 水平2方向の地震力による応答 (概要)

このとき、 $\theta = \tan^{-1}(4/10)$ であることから、水平方向の震度 C_{XY} は、

$$\begin{aligned} C_{XY} &= C_X \cos \theta + C_Y \cos \phi \\ &= \frac{5}{\sqrt{29}} C_X + 0.4 \times \frac{2}{\sqrt{29}} C_X \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \end{aligned}$$

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>と表せる。この時、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは</p> $F_H = mg C_{xy} = mg \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x \quad (\text{式6})$ <p>となる。このF_Hにより、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルトA, B, Cにより負担される。</p> <p>水平2方向の地震力を受けた場合、各ボルトにかかる引張力をF_A, F_B, F_Cとし、第7-4図に示すようにボルトDの中心を通り水平方向の震度C_{xy}と直交する直線を転倒軸とすると、</p> <p>ボルトA, B, Cに発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、</p> $F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$ <p>であり、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメントMは、</p> $\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \\ &= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \quad (\text{式7}) \end{aligned}$ <p>である。</p>	<p>と表すことができる。この時、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは</p> $F_H = m g C_{xy} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x \quad (\text{式6})$ <p>となる。このF_Hにより、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルトA, B, Cにより負担される。</p> <p>水平2方向の地震力を受けた場合、各ボルトにかかる引張力をF_A, F_B, F_Cとし、第7-4図に示すようにボルトDの中心を通り水平方向の震度C_{xy}と直交する直線を転倒軸とすると、</p>  <p>第7-4図 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離</p> <p>ボルトA, B, Cに発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、</p> $F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$ <p>であり、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメントMは、</p> $\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \\ &= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \quad (\text{式7}) \end{aligned}$ <p>である。</p>	<p>と表せる。このとき、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは、</p> $F_H = m g C_{xy} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_x$ <p>となる。このF_Hにより、転倒軸を中心に転倒モーメントが生じ、ボルトA, B, Cにより負担される。</p> <p>水平2方向の地震力を受け対角方向に応答する場合、各ボルトにかかる引張力をF_A, F_B, F_Cとし、第7-4図に示すようにボルトDの中心を通り水平方向の震度C_{xy}と直交する直線を転倒軸とすると、</p> <p>ボルトA, B, Cに発生する引張力は転倒軸からの距離に比例するため、</p> $F_A : F_B : F_C = 7 : 2 : 5$ <p>であり、転倒軸周りのボルトの軸力により発生するモーメントMは、</p> $\begin{aligned} M &= \frac{7}{\sqrt{29}} L F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L F_B + \frac{5}{\sqrt{29}} L F_C \\ &= \frac{7}{\sqrt{29}} L \times F_A + \frac{2}{\sqrt{29}} L \times \frac{2}{7} F_A + \frac{5}{\sqrt{29}} L \times \frac{5}{7} F_A \\ &= \frac{78}{7\sqrt{29}} L F_A \end{aligned}$ <p>である。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸周りのモーメントと、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、(式6)及び(式7)より、</p> $mgC_{XY}h = \frac{78}{7\sqrt{29}}LF_A \quad (\text{式8})$ <p>であり、引張力F_Aは以下のとおりとなる。</p> $F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L}(mgC_{XY}h) \quad (\text{式9})$ <p>以上より、最も発生応力の大きいボルトAに発生する応力σ_b'は</p> $\sigma_b' = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_bL}(mgC_{XY}h) \quad (\text{式10})$ <p>であり、水平1方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力σ_b</p> $\sigma_b = \frac{F_b}{2A_b} = \frac{1}{2A_bL}(mgC_Xh) \quad (\text{式4再掲})$ <p>に対して、(式5)より震度$C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}}C_X$であることから、(式10)は</p> $\begin{aligned} \sigma_b' &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL}(mgC_{XY}h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}}(mgC_Xh) \\ &= \frac{7 \times 5.8}{39} \times \frac{mgC_Xh}{2A_bL} \\ &= \frac{40.6}{39} \sigma_b \\ &\cong 1.04\sigma_b \end{aligned} \quad (\text{式12})$ <p>となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。</p>	<p>転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸周りのモーメントと、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、(式6)及び(式7)より、</p> $mgC_{XY}h = \frac{78}{7\sqrt{29}}LF_A \quad (\text{式8})$ <p>であり、引張力F_Aは以下のとおりとなる。</p> $F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L}mgC_{XY}h \quad (\text{式9})$ <p>以上より、最も発生応力の大きいボルトAに発生する応力σ_b'は</p> $\sigma_b' = \frac{F_A}{A} = \frac{7\sqrt{29}}{78AL}mgC_{XY}h \quad (\text{式10})$ <p>であり、(式4)(式5)及び(式10)より</p> $\begin{aligned} \sigma_b' &= \frac{F_A}{A} = \frac{7\sqrt{29}}{78AL} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}}mgC_Xh \\ &= \frac{7 \times 5.8}{39} \times \frac{mgC_Xh}{2AL} \\ &= \frac{40.6}{39} \times \sigma_b \\ &\cong 1.04\sigma_b \end{aligned} \quad (\text{式11})$ <p>となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。</p>	<p>転倒しない場合、ボルトの軸力により発生する転倒軸周りのモーメントMと、水平方向地震力によるモーメントが釣り合っているので、</p> $mgC_{XY}h = \frac{78}{7\sqrt{29}}LF_A$ <p>であり、引張力F_Aは以下のとおりとなる。</p> $F_A = \frac{7\sqrt{29}}{78L}(mgC_{XY}h)$ <p>以上より、最も発生応力の大きいボルトAに発生する応力σ_b'は、</p> $\sigma_b' = \frac{F_A}{A_b} = \frac{7\sqrt{29}}{78A_bL}(mgC_{XY}h)$ <p>であり、水平1方向地震動を考慮した場合のボルトにかかる応力σ_b</p> $\sigma_b = \frac{F_A}{2A_b} = \frac{1}{2A_bL}(mgC_Xh)$ <p>に対して、震度$C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}}C_X$であることから、</p> $\begin{aligned} \sigma_b' &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL}(mgC_{XY}h) \\ &= \frac{7\sqrt{29}}{39 \times 2A_bL} \times \frac{5.8}{\sqrt{29}} \times (mgC_Xh) \\ &= 1.04\sigma_b \end{aligned}$ <p>となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。</p>	



第7-4図 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

7.3 セン断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H \quad (式 13)$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b} \quad (式 14)$$

となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は (式 5) より震度

$$C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \text{ であるため、}$$

$$Q_b = m g C_X \quad (式 15)$$

$$Q_b' = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \cong 1.08 m g C_X \quad (式 16)$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。

7.3 セン断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H \quad (式 1 2)$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A} \quad (式 1 3)$$

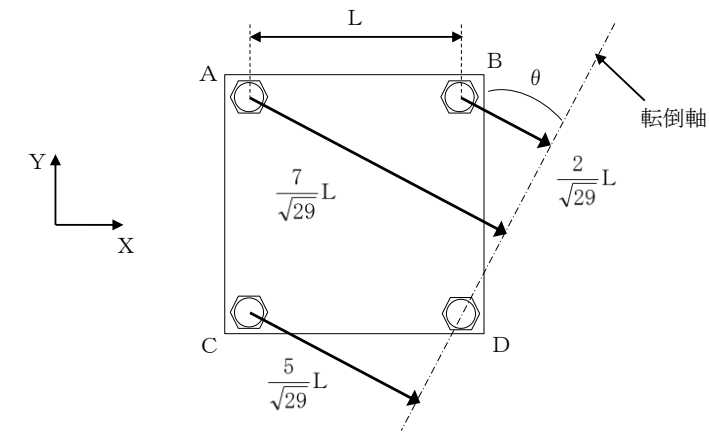
となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は (式 1) 及び (式 5) より

$$Q_b = m g C_X \quad (式 1 4)$$

$$\begin{aligned} Q_b' &= m g C_{XY} \\ &= \frac{5.8}{\sqrt{29}} m g C_X \\ &\cong 1.08 m g C_X \quad (式 1 5) \end{aligned}$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。



第7-4図 対角方向に応答する場合の転倒軸からの距離

7.3 セン断応力への影響

せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力 Q_b は、

$$Q_b = F_H$$

であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

となる。

水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は

$$C_{XY} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X \text{ であるため、}$$

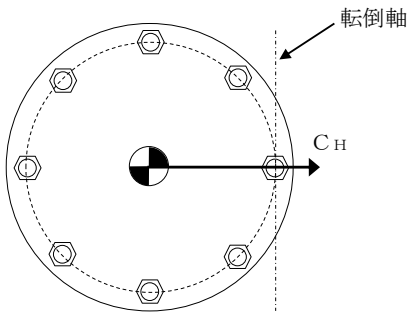
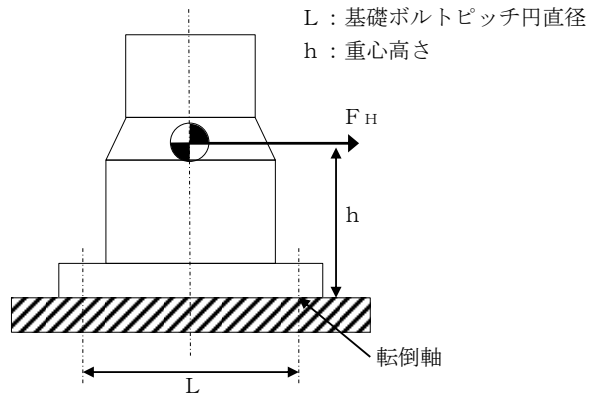
$$Q_b = m g C_X$$

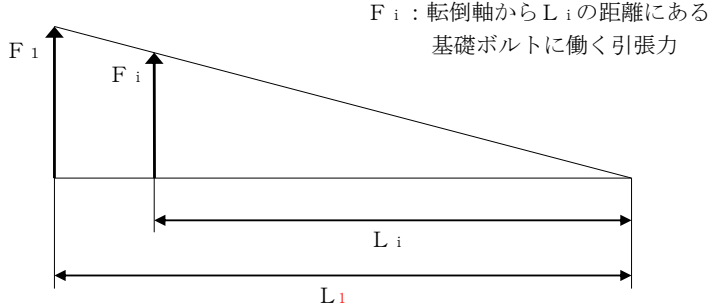
$$Q_b' = m g C_{XY} = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$$

となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>8. <u>水平2方向同時加振の影響評価について(円周配置されたボルト)</u></p> <p>8.1 はじめに 本項は、水平2方向に地震力が作用した場合の円周配置されたボルトに対する影響検討結果をまとめたものである。</p> <p>8.2 引張応力への影響 水平1方向に地震力が作用する場合と水平2方向に地震力が作用する場合のボルトへの引張力の違いを考察する。なお、簡単のため、機器の振動による影響は考えないこととする。</p> <p>(1) 水平1方向に地震力が作用する場合 第8-1図のように水平1方向の震度$C_H = \text{MAX}(C_X, C_Y)$が与えられる場合を考慮する。ここで機器の質量を$m$、重力加速度を$g$とする。 $C_X > C_Y$の場合、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは、 $F_H = m g C_X$ と表せ、F_Hにより最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、第8-2図に示すとおりである。 F_Hにより生じる転倒モーメントMは $M = F_H h = m g C_X h$ となり、各ボルトに加わる引張力の分布を第8-3図のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、 $F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} m g C_X h$ である。 ボルトに発生する引張応力σ_bは引張力を断面積A_bのボルト1本で受けるため、 $\sigma_b = \frac{F_1}{A_b} = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} \frac{m g C_X h}{A_b}$ となる。</p>	<p>・記載の充実 【柏崎6/7, 女川2】 ⑮の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(2) 水平2方向に地震力が作用する場合</p> <p>第8-1図における水平方向震度C_Hについて、水平2方向(X方向及びY方向)の震度C_X, C_Yを組み合わせる場合を考慮する。なお、本検討においては、X方向とY方向に同時に最大震度が作用する可能性は低いと考え、X方向の震度とY方向の震度を1:0.4 ($0.4C_X = C_Y$)と仮定する。</p> <p>このとき、水平方向の震度は、$C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$となり、対象としている系の重心に作用する水平方向の力F_Hは、</p> $F_H = m g C_H = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ <p>と表せ、F_Hにより最外列のボルトを通る転倒軸を中心に転倒モーメントが生じる。このとき、系の重心に生じる力は、第8-2図に示すとおりである。</p> <p>F_Hにより生じる転倒モーメントMは</p> $M = F_H h = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$ <p>となり、各ボルトに加わる引張力の分布を第8-3図のとおりとしたとき、引張力が最大となる転倒軸から最も遠いボルトに加わる引張力は、</p> $F_1 = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} M = \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X h$ <p>である。</p> <p>ボルトに発生する引張応力σ_b'は引張力を断面積A_bのボルト1本で受けるため、</p> $\sigma_b' = \frac{F_1}{A_b} = \frac{5.8}{\sqrt{29}} \frac{L_1}{\sum_{i=1}^n L_i^2} \frac{m g C_X h}{A_b} = 1.08 \sigma_b$ <p>となる。したがって、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生する引張応力は増加するが、その影響は軽微である。</p> <p>8.3 せん断応力への影響</p> <p>せん断力は全基礎ボルト断面で負担するが、全ボルトに対するせん断力Q_bは、</p> $Q_b = F_H$	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>であり、せん断応力 τ_b は断面積 A_b のボルト全本数 n でせん断力 Q_b を受けるため、</p> $\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$ <p>となる。</p> <p>水平1方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b 及び水平2方向の地震力を考慮した場合のせん断力 Q_b' は、水平2方向を組み合わせた水平方向震度 $C_H = \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X$ であるため、</p> $Q_b = m g C_X$ $Q_b' = m g \frac{5.8}{\sqrt{29}} C_X = 1.08 m g C_X$ <p>となる。水平1方向及び水平2方向地震時に断面積 A_b 及びボルト全本数 n は変わらないため、水平2方向地震を考慮した場合、ボルトに発生するせん断応力は増加するが、その影響は軽微である。</p>  <p>第8-1図 水平方向の地震力による応答 (概要)</p>  <p>第8-2図 水平方向の地震力による力</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="2148 296 2466 352">Fi : 転倒軸からLiの距離にある基礎ボルトに働く引張力</p> <p data-bbox="1941 657 2318 688">第8-3図 ボルトに働く引張力</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>8 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）</p> <p>8.1 はじめに</p> <p>本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平2方向入力の影響をまとめたものである。</p> <p>8.2 水平2方向加振の影響について</p> <p>電気盤に取り付けられている器具については、1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平2方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものとする。さらに器具の誤動作モードは、水平1方向を起因としたモードであるため、水平2方向加振による影響は軽微であるとする。</p> <p>次頁より、メタクラ取付器具を代表とし、器具の構造から検討した結果をまとめる。</p> <p>なお、これら以外の器具については、今後の詳細検討において構造・型式等の観点から網羅的に整理し、影響が軽微であることを確認することとする。</p> <p>8.2.1 補助リレー</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-1図に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ、接点の開閉を行うものである。</p> <p>補助リレーのうち、固定鉄心、固定接点（A、B接点）はいずれも強固に固定されており、可動接点は左右方向にのみ動くことのできる構造になっている。</p>	<p>8 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）</p> <p>8.1 はじめに</p> <p>本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平2方向入力の影響をまとめたものである。</p> <p>8.2 水平2方向加振の影響について</p> <p>電気盤に取り付けられている器具については、1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平2方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないものとする。さらに器具の誤動作モードは、水平1方向を起因としたモードであるため、水平2方向加振による影響は軽微であるとする。</p> <p>次項より、メタクラ取付器具を代表とし、器具の構造から検討した結果をまとめる。</p> <p>なお、これら以外の器具については、今後の詳細検討において構造・型式等の観点から網羅的に整理し、影響が軽微であることを確認することとする。</p> <p>8.2.1 補助リレー</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-1図に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ、接点の開閉を行うものである。</p> <p>補助リレーのうち、固定鉄心、固定接点（A、B接点）はいずれも強固に固定されており、可動接点は左右方向にのみ動くことのできる構造になっている。</p>	<p>9. 水平2方向同時加振の影響評価について（電気盤）</p> <p>9.1 はじめに</p> <p>本項は、電気盤に取り付けられている器具に対する水平2方向入力の影響をまとめたものである。</p> <p>9.2 水平2方向加振の影響について</p> <p>電気盤に取り付けられている器具については、1次元的な接点のON-OFFに関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的にはすべて梁、扉等の強度部材に固定されているため、器具の非線形応答もなく、水平2方向の加振に対しては独立に扱うことで問題ないとする。さらに器具の誤動作モードは、水平1方向を起因としたモードであるため、水平2方向加振による影響は軽微であるとする。</p> <p>次項より、代表としてメタクラ取付器具を考慮し、器具の構造から検討した結果をまとめる。</p> <p>なお、これら以外の器具については、今後の詳細検討において構造・型式等の観点から網羅的に整理し、影響が軽微であることを確認することとする。</p> <p>9.2.1 補助リレー</p> <p>(1) 構造及び作動機構の概要</p> <p>第9-1図に補助リレーの構造及び作動機構を示す。補助リレーはコイルに通電されることにより生じる電磁力でアマチュア部を動作させ、接点の開閉を行うものである。</p> <p>補助リレーのうち、固定鉄心、固定接点（A、B接点）はいずれも強固に固定されており、可動接点は1方向（上下方向又は左右方向）にのみ動くことのできる構造になっている。</p>	<p>・設備の相違</p> <p>【柏崎6/7, 女川2】</p> <p>島根2号炉では、接点が上下方向に動作する向きに設置する場合もある（以下、⑩の相違）</p>



第8-1図 補助リレー構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

第8-1図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより、接点が誤接触、又は誤開放（左右方向）

ただし、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また、器具の可動部は左右方向にのみ振動することから、誤動作にいたる事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

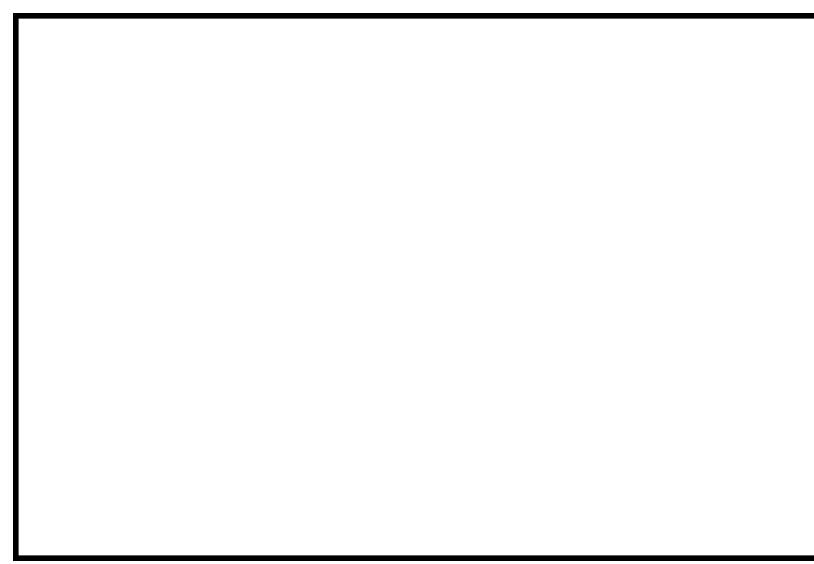
参考として、発生加速度と補助リレーの既往試験での確認済加速度を第8-1表に示す。

第8-1表 補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下
発生加速度(G) ^{※2}	0.83	0.83
確認済加速度(G)		

※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値、確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※2：6号炉原子炉建屋 T.M.S.L. 4.8m 基準地震動Ss（暫定値）



第8-1図 補助リレー構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

第8-1図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力で可動接点が振動することにより、接点が誤接触、又は誤開放（左右方向）

ただし、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また、器具の可動部は左右方向にのみ振動することから、誤動作に至る事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

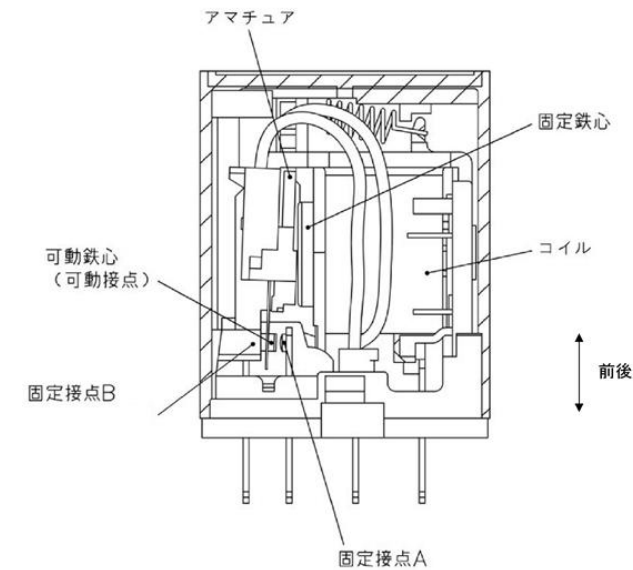
参考として、発生加速度と補助リレーの既往試験での確認済加速度を第8-1表に示す。

第8-1表 補助リレーの発生加速度及び機能確認済加速度

方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下
発生加速度(G) ^{※2}	1.61	1.26
確認済加速度(G)		

※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値、確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※2：原子炉建屋 0.P.22,500 基準地震動Ss（暫定値）



第9-1図 補助リレー構造図

(2) 水平2方向地震力に対する影響検討

第9-1図より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。

- ・地震力による可動鉄心（可動接点）の振動に伴う接点の誤接触又は誤開放（上下方向又は左右方向）

ただし、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また器具可動部の振動方向が1方向（上下方向又は左右方向）のみであることより、誤動作に至る事象に多次元的な影響はないと考えられる。

(3) 機能確認済加速度

参考として、機能維持評価用加速度と補助リレーの既往試験での機能確認済加速度を第9-1表に示す。

第9-1表 補助リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度

方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下
機能維持評価用加速後 (G) ^{※2}	1.02	1.28
機能確認済加速度 (G)		

※1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値、機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載

※2：原子炉建物 E.L. 23,800 mm 基準地震動Ss（暫定値）

- ・設備の相違
【柏崎6/7, 女川2】
⑩の相違

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>8.2.2 ノーヒューズブレーカ (MCCB)</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-2図にMCCBの構造及び作動機構を示す。配線用遮断器には熱動電磁式と完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の動作原理と内部構造を示す。</p> <p>熱動電磁式は、過電流が流れるとバイメタルが彎曲し、トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ、キャッチがバネにより回転し、リンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。</p> <p>また、短絡電流等の大電流が流れた場合は、固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引されトリップ桿が作動し、以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。</p> <div data-bbox="172 877 923 1545" style="border: 1px solid black; height: 318px; width: 253px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">第8-2図 MCCB (熱動電磁式) 構造図</p> <p>(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p>第8-2図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルが逆方向へ動作する (上下方向) ・接点が乖離する (前後方向, 左右方向) ・ラッチが外れてトリップする (前後方向, 上下方向) 	<p>8.2.2 配線用遮断器 (MCCB)</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-2図にMCCBの構造及び作動機構を示す。配線用遮断器には熱動電磁式と完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の動作原理と内部構造を示す。</p> <p>熱動電磁式は、過電流が流れるとバイメタルが湾曲し、トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ、キャッチがバネにより回転し、リンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。</p> <p>また、短絡電流等の大電流が流れた場合は、固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引されトリップ桿が作動し、以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。</p> <div data-bbox="961 852 1712 1528" style="border: 1px solid black; height: 322px; width: 253px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">第8-2図 MCCB (熱動電磁式) 構造図</p> <p>(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p>第8-2図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルが逆方向へ動作する (上下方向) ・可動接点が誤開放又は誤接触し、トリップする (前後方向) ・トリップ桿が上下方向へ振動し、トリップする (上下方向) 	<p>9.2.2 ノーヒューズブレーカ (MCCB)</p> <p>(1) 構造及び作動機構の概要</p> <p>第9-2図にMCCBの構造及び作動機構を示す。配線用遮断器には熱動電磁式及び完全電磁式がある。下記に代表して熱動電磁式の動作原理及び内部構造を示す。</p> <p>熱動電磁式は、過電流が流れるとバイメタルが湾曲し、トリップ桿によりラッチの掛け合いが外れ、キャッチがばねにより回転することによりリンクに連結された可動接点が作動し回路を遮断する。</p> <p>また、短絡電流等の大電流が流れた場合は、固定鉄心の電磁力で可動鉄心が吸引され、トリップ桿が作動し、以降は上述と同じ動作により回路を遮断する。</p> <div data-bbox="1762 961 2496 1545" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">第9-2図 MCCB (熱動電磁式) 構造図</p> <p>(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p>第9-2図より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハンドルの逆方向への動作 (上下方向) ・接点の乖離 (前後方向, 左右方向) ・ラッチ外れによるトリップ (前後方向, 上下方向) 	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																											
<p>上記より、MCCBの誤動作として2方向の振動の影響が考えられる。ただし、ハンドルは1方向にしか振動できないこと、前後-左右の接点乖離は各々独立であること（前後方向は接触-非接触、左右方向はずれによる）から、これらについては誤動作に至る事象は多次元的な影響はないものと考えられる。</p> <p>ラッチ外れについては2軸（前後方向、上下方向）の影響は無視できないと考えられるが、左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため、水平2方向の影響はないものと考えられる。</p> <p>なお、既往試験においては、ハンドルの移動に起因する誤動作事象は発生していない。</p> <p>(3) 機能確認済加速度</p> <p>参考として、発生加速度とMCCBの既往試験での確認済加速度を第8-2表に示す。</p> <p>第8-2表 MCCBの発生加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="172 1115 834 1247"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{*1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生加速度(G)^{**2}</td> <td>0.83</td> <td>0.83</td> </tr> <tr> <td>確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値、確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：6号炉原子炉建屋 T.M.S.L. 4.8m 基準地震動Ss（暫定値）</small></p> <p>8.2.3 過電流リレー（保護リレー）</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-3図に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーは、電流コイル1個を持つ電磁石が動作トルクを発生し、制動磁石の制動により限時特性を得る円板形リレーであり、タップ値以上の過電流が流れると接点が動作し、警報や遮断器引き外しを行う。なお、過電流リレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取り付けられている。</p>	方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下	発生加速度(G) ^{**2}	0.83	0.83	確認済加速度(G)			<p>・可動鉄心の振動によりトリップ桿を押し上げる（前後方向） ・バイメタルの振動によりトリップ桿を押し上げる（上下方向）</p> <p>上記より、MCCBの誤動作として2方向の振動の影響が考えられる。ただし、上下方向の誤動作（ハンドル、トリップ桿及びバイメタル）と前後方向の誤動作（可動接点、可動鉄心）であることから、水平2方向の影響はないと考えられる。</p> <p>(3) 機能確認済加速度</p> <p>参考として、発生加速度とMCCBの既往試験での確認済加速度を第8-2表に示す。</p> <p>第8-2表 MCCBの発生加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="988 1102 1685 1274"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{*1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生加速度(G)^{**2}</td> <td>1.61</td> <td>1.26</td> </tr> <tr> <td>確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値、確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：原子炉建屋 0.P.22.500 基準地震動Ss（暫定値）</small></p> <p>8.2.3 過電流リレー（保護リレー）</p> <p>(1) 構造、作動機構の概要</p> <p>第8-3図に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーに用いているデジタル型リレー（誘導円板型リレーは使わない）では、入力電流をデジタル信号に変換後、演算処理回路で動作判定して設定値を超過すると補助リレーが励磁され接点が閉となる。なお、過電流リレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取り付けられている。</p>	方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下	発生加速度(G) ^{**2}	1.61	1.26	確認済加速度(G)			<p>上記より、MCCBの誤動作として2方向の振動の影響が考えられる。ただし、ハンドルは1方向にしか振動できないこと、前後-左右の接点乖離は各々独立であること（前後方向は接触・非接触による乖離、左右はずれによる乖離）から、誤動作に至る事象は多次元的な影響はないと考えられる。</p> <p>ラッチ外れについては、2軸（前後方向、上下方向）の影響は無視できないと考えられるが、左右方向はラッチ外れに影響を与える誤動作モードではないため、水平2方向の影響はないと考えられる。</p> <p>なお、既往試験では、ハンドルの移動に起因する誤動作事象は発生していない。</p> <p>(3) 機能確認済加速度</p> <p>参考として、機能維持評価用加速度とMCCBの既往試験での機能確認済加速度を第9-2表に示す。</p> <p>第9-2表 MCCBの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="1754 1115 2507 1264"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{*1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>機能維持評価用加速後(G)^{**2}</td> <td>1.02</td> <td>1.28</td> </tr> <tr> <td>機能確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値、機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：原子炉建物 E.L. 23,800mm 基準地震動Ss（暫定値）</small></p> <p>9.2.3 過電流リレー（保護リレー）</p> <p>(1) 構造及び作動機構の概要</p> <p>第9-3図に過電流リレー（保護リレー）の構造を示す。過電流リレーは、電流コイル1つを持つ電磁石が動作トルクを発生し、永久磁石の制動により限時特性を得る円板型リレーであり、タップ値以上の過電流が流れると接点が動作し、警報や遮断器引き外しを行う。なお、過電流リレーはボルトにて、盤の扉面に強固に取り付けられている。</p>	方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下	機能維持評価用加速後(G) ^{**2}	1.02	1.28	機能確認済加速度(G)			<p>・設備の相違【女川2】 女川2では円板型リレーは使用しない（以下、⑩の相違）</p>
方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下																												
発生加速度(G) ^{**2}	0.83	0.83																												
確認済加速度(G)																														
方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下																												
発生加速度(G) ^{**2}	1.61	1.26																												
確認済加速度(G)																														
方向	水平 ^{*1} (前後・左右)	上下																												
機能維持評価用加速後(G) ^{**2}	1.02	1.28																												
機能確認済加速度(G)																														

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<div data-bbox="172 302 923 772" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="371 793 718 823">第8-3図 過電流リレー構造図</p> <p data-bbox="181 884 655 913">(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p data-bbox="189 930 902 959">第8-3図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul data-bbox="181 976 923 1136" style="list-style-type: none"> ・<u>円板が接触し、固渋する</u> (上下方向) ・<u>可動接点が振動し、接点の誤接触が生じる</u> (前後, 左右方向) <p data-bbox="172 1062 923 1136">円板の固渋については上下方向のため、水平2方向の影響はない。</p> <p data-bbox="172 1152 923 1587">接点の誤接触については、昭和56年の日本機械学会講演論文集「誘導円板型リレーの地震時誤動作に関する研究」において、円板が水平2方向入力により、<u>回転し接点接触により、誤動作が生じることが報告されている</u>。しかし、平成13年度に行われた電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」において、水平2方向加振時に鉛直方向加振を加えた試験を実施しており、<u>正弦波加振試験では円板の回転挙動が発生したが、地震波加振試験では円板の回転挙動が発生しないことを確認している</u>。したがって、<u>地震波による水平2方向の影響はないもの</u>と考えられる。</p> <p data-bbox="181 1648 457 1677">(3) 機能確認済加速度</p> <p data-bbox="172 1694 923 1768">参考として、発生加速度と過電流リレーの既往試験での確認済加速度を第8-3表に示す。</p>	<div data-bbox="961 260 1712 772" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1166 793 1513 823">第8-3図 過電流リレー構造図</p> <p data-bbox="961 884 1436 913">(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p data-bbox="970 930 1682 959">第8-3図から、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul data-bbox="961 976 1703 1005" style="list-style-type: none"> ・<u>可動接点が振動により誤接触又は誤開放する</u> (前後方向) <p data-bbox="961 1022 1712 1136"><u>過電流リレーは盤に強固に固定されていること、器具の可動部は1方向(前後方向)にのみ振動することから、誤動作にいたる事象に水平2方向地震力の影響はないと考えられる。</u></p> <p data-bbox="961 1648 1237 1677">(3) 機能確認済加速度</p> <p data-bbox="961 1694 1712 1768">参考として、発生加速度と過電流リレーの既往試験での確認済加速度を第8-3表に示す。</p>	<div data-bbox="1751 260 2502 772" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1938 793 2315 823">第9-3図 過電流リレー構造図</p> <p data-bbox="1751 884 2226 913">(2) 水平2方向地震力に対する影響検討</p> <p data-bbox="1760 930 2510 959">第9-3図より、器具の誤動作モードとして以下が考えられる。</p> <ul data-bbox="1751 976 2510 1050" style="list-style-type: none"> ・<u>誘導円板の接触による固渋</u> (上下方向) ・<u>可動接点の振動による接点の誤接触</u> (前後方向, 左右方向) <p data-bbox="1751 1066 2510 1140"><u>誘導円板の固渋については、上下方向に生じるものであるため、水平2方向の影響はない。</u></p> <p data-bbox="1751 1157 2510 1543"><u>接点の誤接触については、昭和56年日本機械学会論文集「誘導円板型リレーの地震時誤動作に関する研究」において、円板が水平2方向入力により回転し、接点接触により誤動作が生じることが報告されている。しかしながら、平成13年度に行われた電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究」において、水平2方向加振時に鉛直方向加振を加えた試験を実施しており、<u>正弦波加振試験では円板の回転挙動が発生したが、地震波加振試験では円板の回転挙動が発生しないことが確認されており、水平2方向地震力の影響はないと考えられる。</u></u></p> <p data-bbox="1751 1648 2027 1677">(3) 機能確認済加速度</p> <p data-bbox="1751 1694 2510 1768">参考として、機能維持評価用加速度と過電流リレーの既往試験での機能確認済加速度を第9-3表に示す。</p>	<p data-bbox="2531 793 2700 867">・設備の相違 【女川2】</p> <p data-bbox="2531 884 2671 913">⑰の相違</p> <p data-bbox="2531 976 2700 1050">・設備の相違 【女川2】</p> <p data-bbox="2531 1066 2671 1096">⑰の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																											
<p>第8-3表 過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="172 394 834 533"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{※1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生加速度(G)^{※2}</td> <td>0.83</td> <td>0.83</td> </tr> <tr> <td>確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値，確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：6号炉原子炉建屋 T.M.S.L. 4.8m 基準地震動Ss (暫定値)</p>	方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下	発生加速度(G) ^{※2}	0.83	0.83	確認済加速度(G)			<p>第8-3表 過電流リレーの発生加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="1026 394 1644 548"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{※1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>発生加速度(G)^{※2}</td> <td>1.61</td> <td>1.26</td> </tr> <tr> <td>確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：発生加速度は前後及び左右方向の最大値，確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：原子炉建屋 O.P.22,500 基準地震動Ss (暫定値)</p>	方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下	発生加速度(G) ^{※2}	1.61	1.26	確認済加速度(G)			<p>第9-3表 過電流リレーの機能維持評価用加速度及び機能確認済加速度</p> <table border="1" data-bbox="1754 401 2510 541"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>水平^{※1} (前後・左右)</th> <th>上下</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>機能維持評価用加速後(G)^{※2}</td> <td>1.02</td> <td>1.28</td> </tr> <tr> <td>機能確認済加速度(G)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：機能維持評価用加速度は前後及び左右方向の最大値，機能確認済加速度は前後及び左右方向の最小値を記載 ※2：原子炉建物 E.L. 23,800mm 基準地震動Ss (暫定値)</p>	方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下	機能維持評価用加速後(G) ^{※2}	1.02	1.28	機能確認済加速度(G)			
方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下																												
発生加速度(G) ^{※2}	0.83	0.83																												
確認済加速度(G)																														
方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下																												
発生加速度(G) ^{※2}	1.61	1.26																												
確認済加速度(G)																														
方向	水平 ^{※1} (前後・左右)	上下																												
機能維持評価用加速後(G) ^{※2}	1.02	1.28																												
機能確認済加速度(G)																														

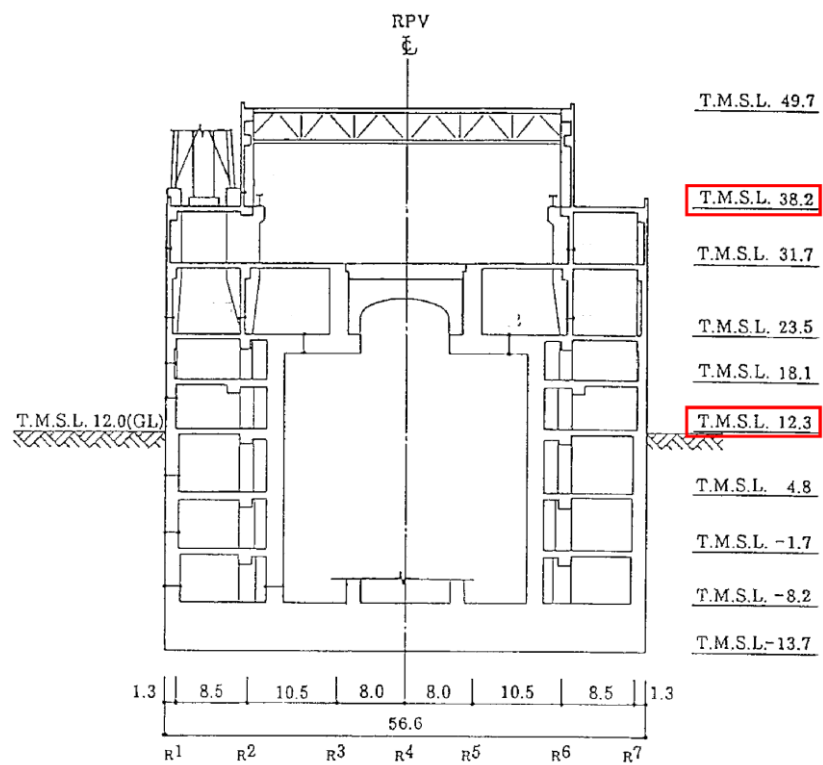
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参考資料一1 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討において、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出について、部材の特性から影響を考慮しないとした部位について、抽出根拠が明確になるよう、代表的な建屋について、対象部位の図面を示すものである。 対象部位の図面を示す建屋として、原子炉建屋(6号炉)及びタービン建屋(6号炉)を代表として示す。</p> <p>2. 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明 2-1. 原子炉建屋(6号炉) 原子炉建屋(6号炉)の断面図を第2-1-1図に、伏図を第2-1-2図及び第2-1-3図に示す。 なお、平面図については基準階として1階(T.M.S.L. 12.3)並びに上部構造のクレーン取付階伏図(T.M.S.L. 38.2)を代表として示す。</p> <p>a. 柱 独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり、原子炉建屋の隅柱は耐震壁付きの隅柱であり直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。</p> <p>b. 梁 梁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり原子炉建屋の梁は床及び壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> <p>c. 壁</p>	<p>参考資料1</p> <p>荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討において、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出について、部材の特性から影響を考慮しないとした部位について、抽出根拠が明確になるよう、代表的な建屋について、対象部位の図面を示すものである。 対象部位の図面を示す建屋として、原子炉建屋を代表として示す。</p> <p>2. 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明 2-1. 原子炉建屋 原子炉建屋の断面図を第2-1-1図に、伏図を第2-1-2図及び第2-1-3図に示す。 なお、平面図については2階(0.P.22.5m)並びに上部構造のクレーン取付階伏図(0.P.41.2m)を代表として示す。</p> <p>a. 柱 独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり、原子炉建屋の隅柱は耐震壁付きの隅柱であり直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。</p> <p>b. 梁 梁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり原子炉建屋の梁は床及び壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> <p>c. 壁</p>	<p>参考資料一1</p> <p>荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討において、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出について、部材の特性から影響を考慮しないとした部位について、抽出根拠が明確になるよう、代表的な建物について、対象部位の図面を示すものである。 対象部位の図面を示す建物として、原子炉建物を代表として示す。</p> <p>2. 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出に関する補足説明 2.1 原子炉建物 原子炉建物の断面図を第2.1-1図に、伏図を第2.1-2図及び第2.1-3図に示す。 なお、平面図については基準階として2階(E.L.23.8m)並びに上部構造のクレーン階伏図(E.L.51.7m)を代表として示す。</p> <p>a. 柱 独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、第2.1-2図及び第2.1-3図に示すとおり、原子炉建物の隅柱は耐震壁付きの隅柱であり直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。</p> <p>b. 梁 梁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また第2.1-2図及び第2.1-3図に示すとおり原子炉建物の梁は床及び壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。</p> <p>c. 壁</p>	<p>備考</p> <p>・対象施設の相違 【柏崎 6/7】 柏崎 6/7 タービン建屋は上部架構の妻側片面にブレースが配置されていないことによる施設の構造特性から代表としているが、島根 2号炉タービン建物は女川 2 と同様に妻側両面に壁があることから原子炉建物を代表としているため相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
--------------------------------	--------------------------	--------------	----

壁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり原子炉建屋の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。



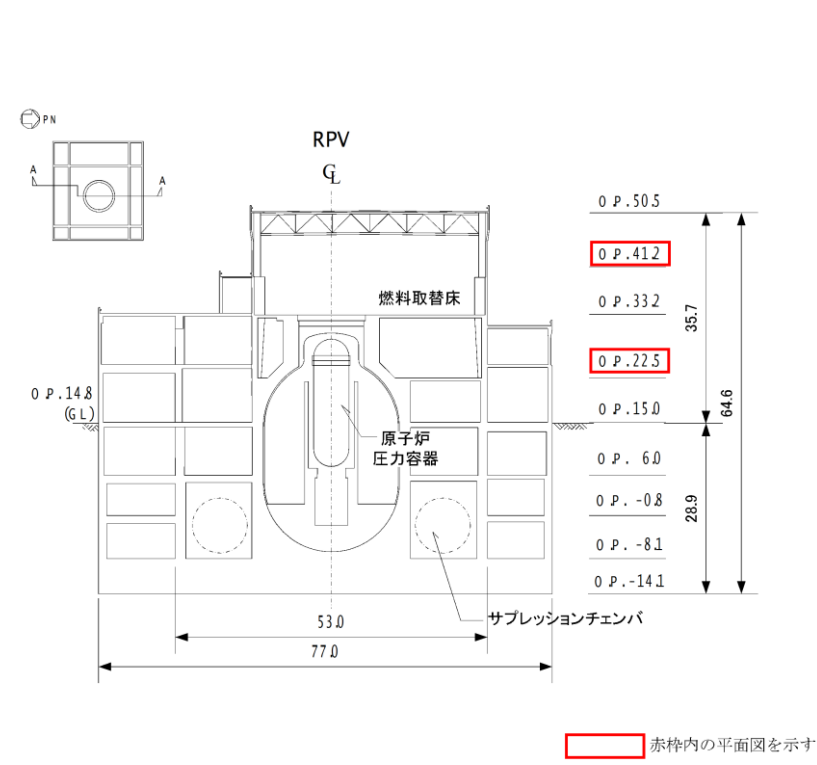
赤枠内の平面図を示す

第2-1-1図 原子炉建屋 (6号炉) 断面図 (単位:m)

壁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり原子炉建屋の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。

d. 床及び屋根

床及び屋根については、第2-1-2図及び第2-1-3図に示すとおり四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。



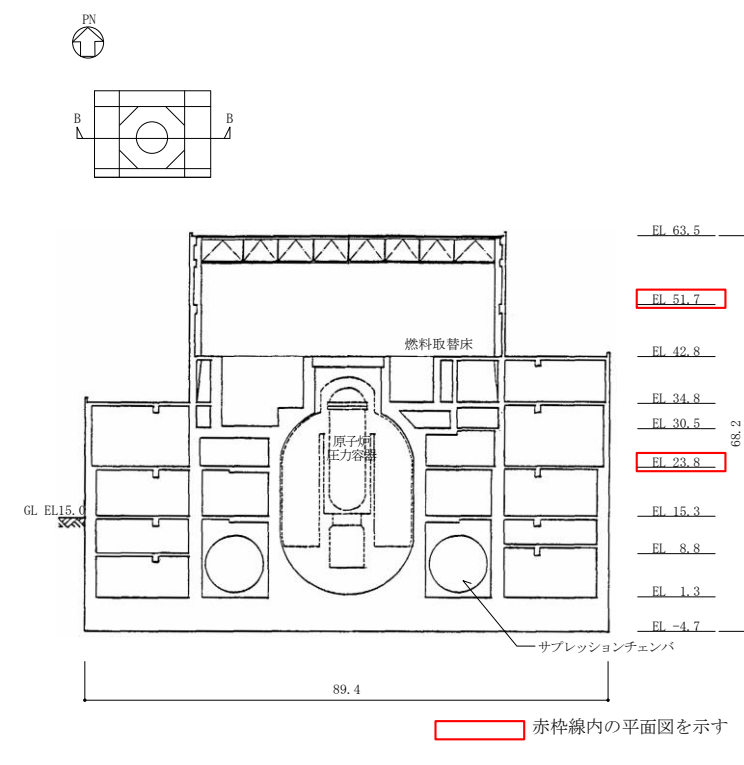
赤枠内の平面図を示す

第2-1-1図 原子炉建屋断面図 (単位:m)

壁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第2.1-2図及び第2.1-3図に示すとおり原子炉建物の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。

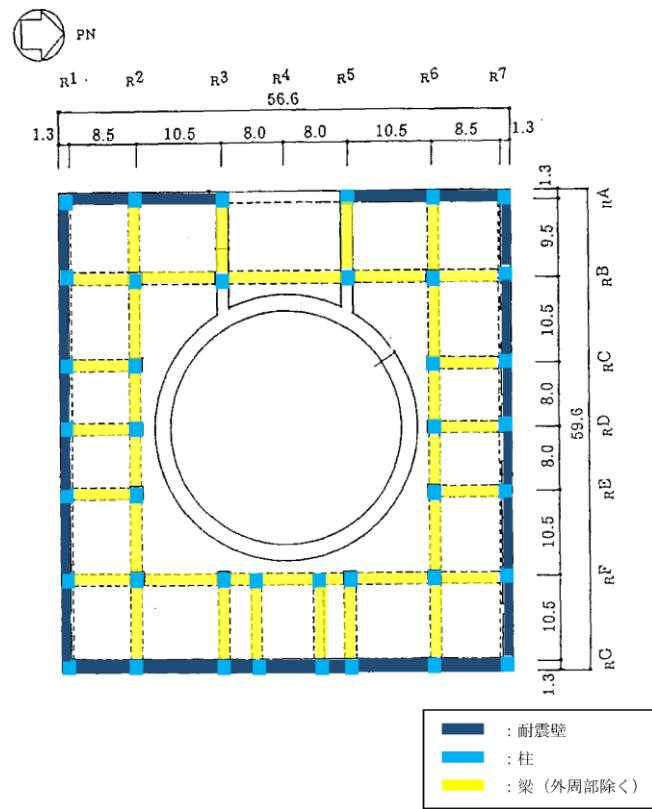
d. 床及び屋根

床及び屋根については、第2.1-2図及び第2.1-3図に示すとおり四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。

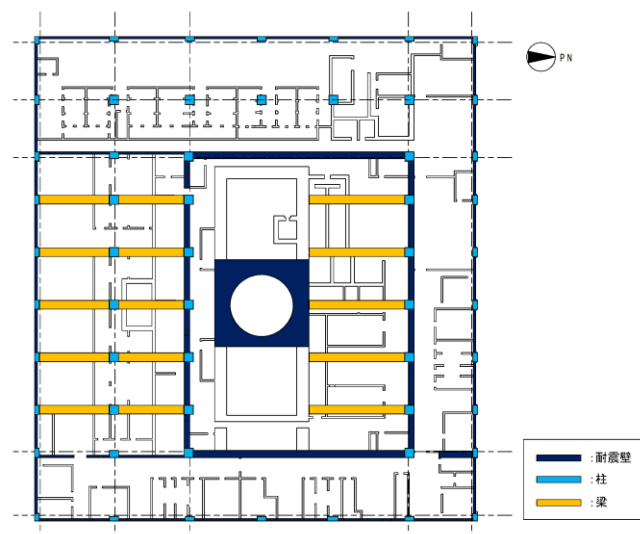


赤枠線内の平面図を示す

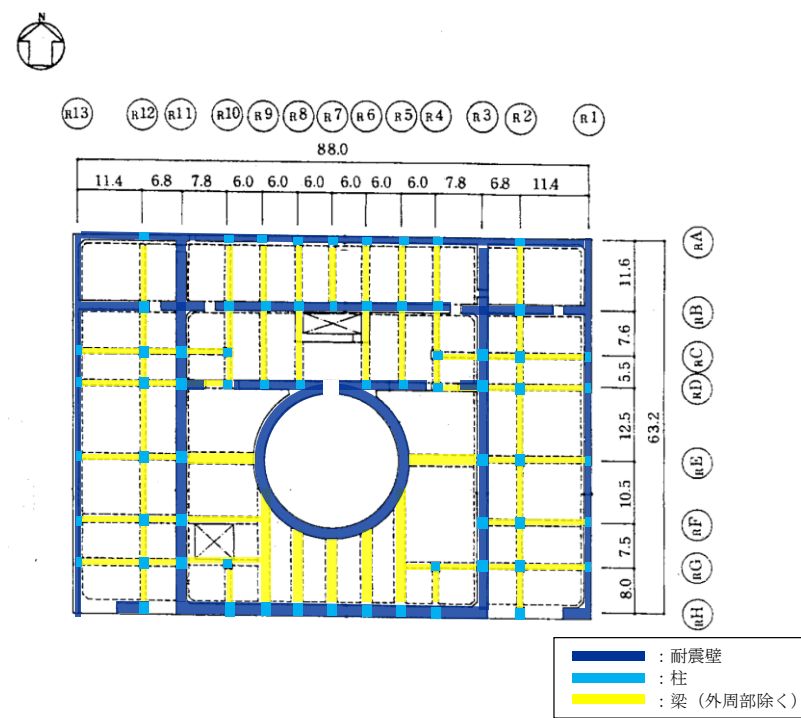
第2.1-1図 原子炉建物 断面図 (単位:m)



第2-1-2図 原子炉建屋 1階伏図 (T.M.S.L.12.3) (単位:m)

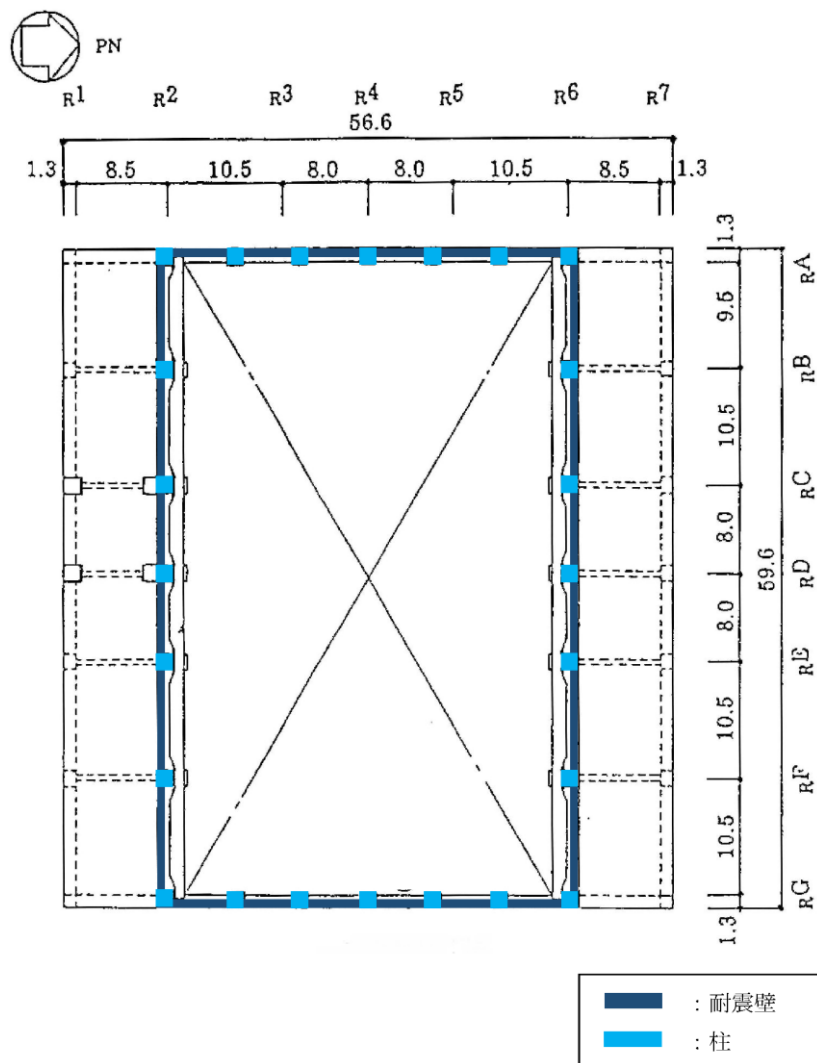


第2-1-2図 原子炉建屋 2階伏図 (O.P.22.5) (単位:m)



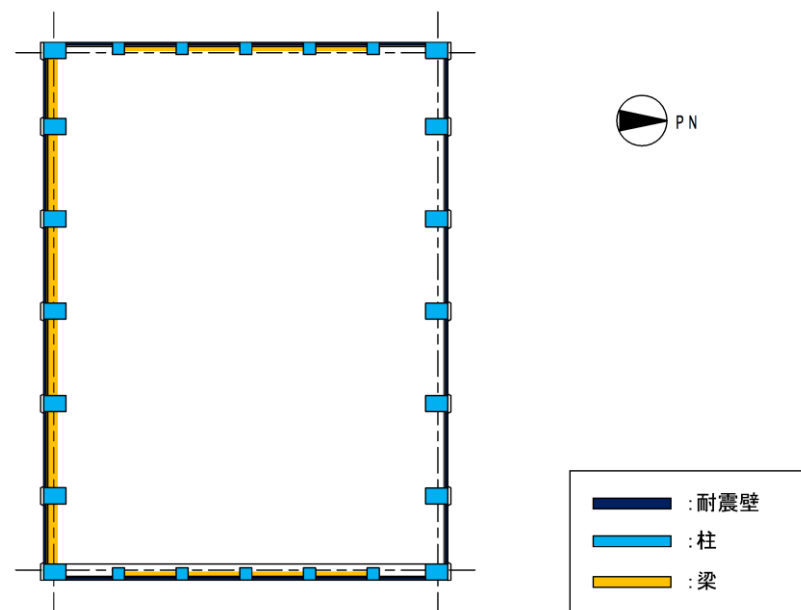
第2.1-2図 原子炉建物 2階伏図 (E.L.23.8) (単位:m)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)



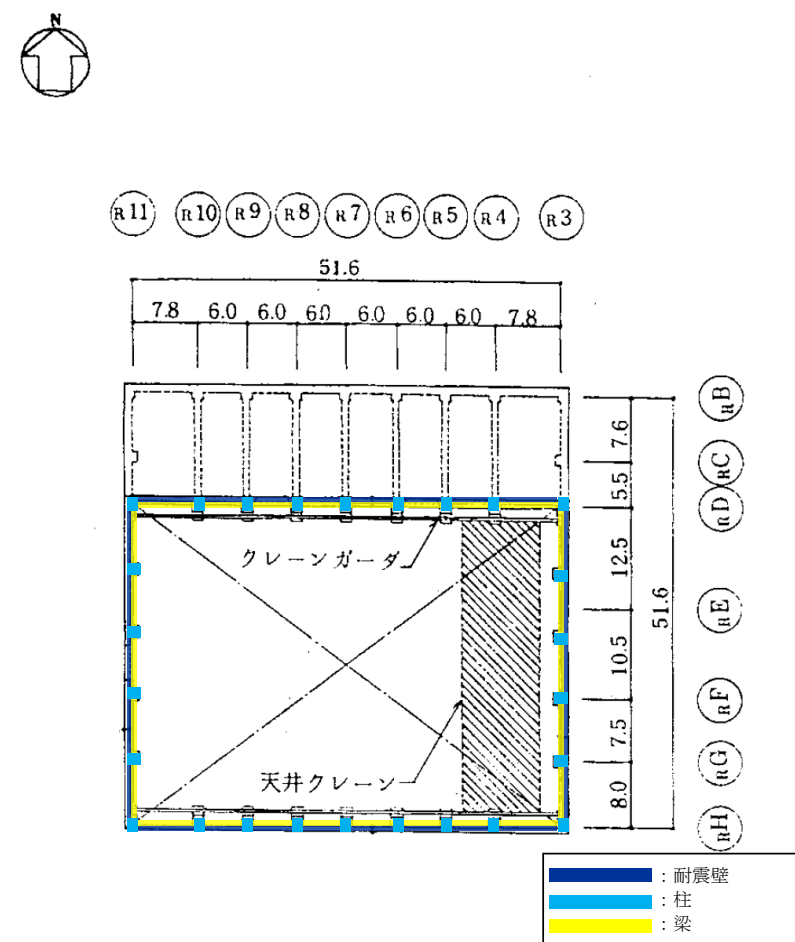
第2-1-3図 原子炉建屋 クレーン取付階伏図 (T.M.S.L.38.2) (単位:m)

女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)



第2-1-3図 原子炉建屋 クレーン取付階伏図 (O.P.41.2) (単位:m)

島根原子力発電所 2号炉



第2.1-3図 原子炉建物 クレーン階伏図 (E.L.51.7) (単位:m)

備考

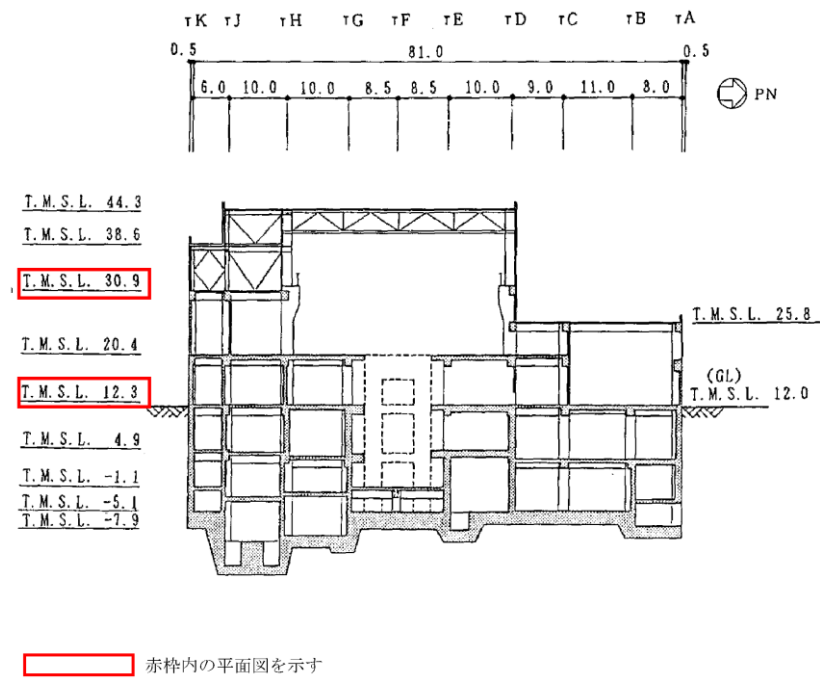
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p><u>2-2. タービン建屋 (6号炉)</u></p> <p><u>タービン建屋 (6号炉) の断面図を第2-2-1図に、伏図を第2-2-2図及び第2-2-3図に示す。なお、平面図については基準階として1階 (T. M. S. L. 12. 3) 並びに上部構造の3階 (T. M. S. L. 30. 9) を代表として示す。</u></p> <p><u>a. 柱</u></p> <p><u>独立した隅柱は直交する地震荷重が同時に作用するが、第2-2-2図及び第2-2-3図に示すとおり、タービン建屋 (6号炉) の隅柱は耐震壁又は鉄骨ブレース付きの隅柱であり直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。</u></p> <p><u>b. 梁</u></p> <p><u>梁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また第2-2-2図及び第2-2-3図に示すとおりタービン建屋 (6号炉) の梁は床及び壁に拘束されているため、面外荷重負担による影響は小さい。</u></p> <p><u>c. 壁</u></p> <p><u>壁については、1方向のみ荷重を負担することが基本であり、また、第2-2-2図及び第2-2-3図に示すとおりタービン建屋 (6号炉) の耐震壁は直交方向に釣り合いよく配置されているため、直交する水平2方向の荷重による影響は小さい。ただし、上部架構については、妻側片面にブレースが配置されていない構造となっている。</u></p> <p><u>d. 床及び屋根</u></p> <p><u>床及び屋根については、第2-2-2図及び第2-2-3図に示すとおり四辺を壁及び梁で拘束されているため、水平方向に変形しにくい構造となっており、水平地震力の影響は小さい。</u></p>			<p>・対象施設の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>柏崎 6/7 タービン建屋は上部架構の妻側片面にブレースが配置されていないことによる施設の構造特性から代表としているが、島根 2号炉タービン建物は女川 2 と同様に妻側両面に壁があることから原子炉建物を代表としているため相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

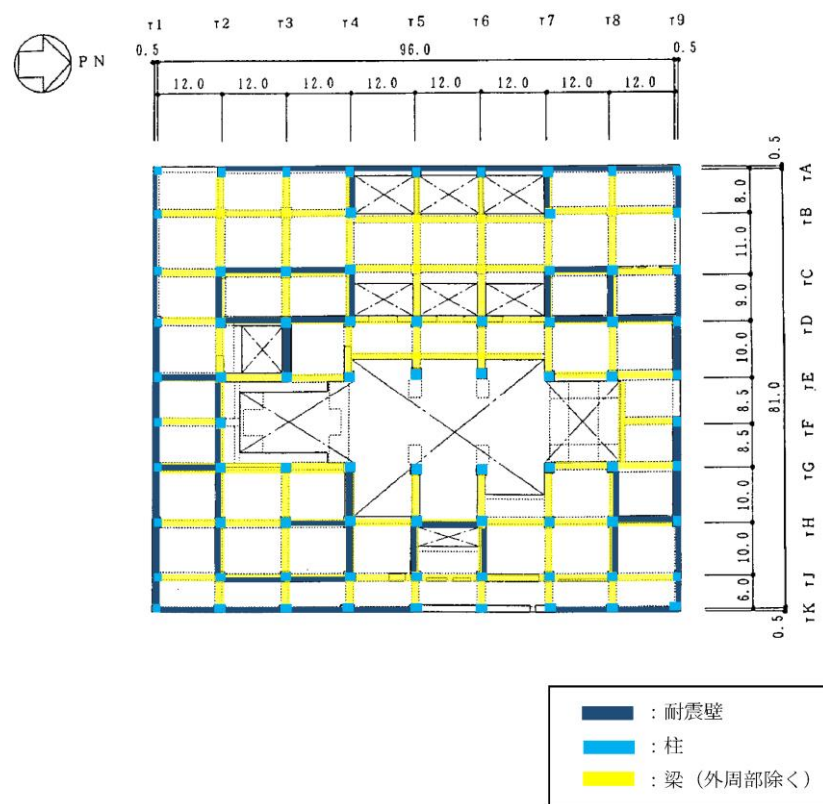
女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考



第2-2-1図 タービン建屋 (6号炉) 断面図 (単位 : m)



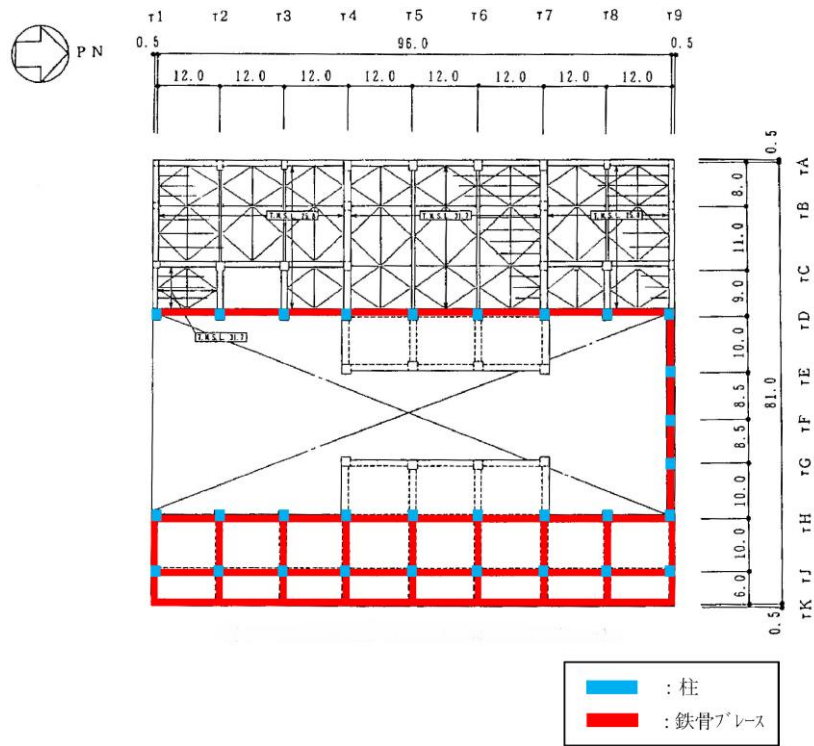
第2-2-2図 タービン建屋 (6号炉) 1階伏図 (T.M.S.L. 12.3)
(単位 : m)

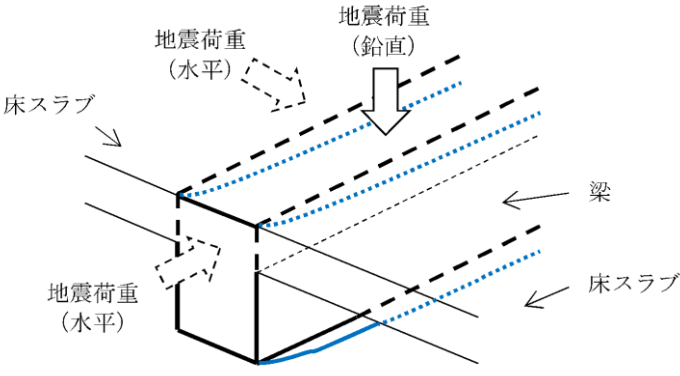
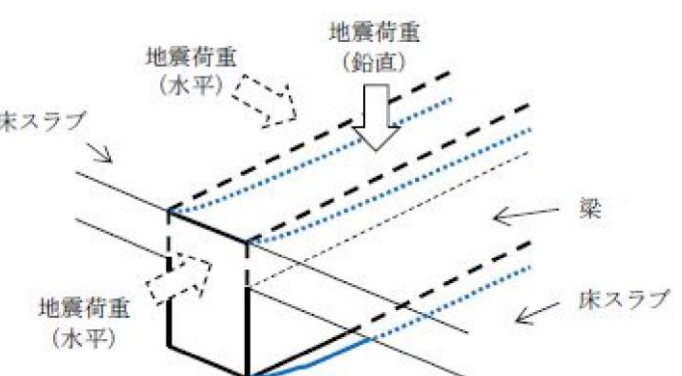
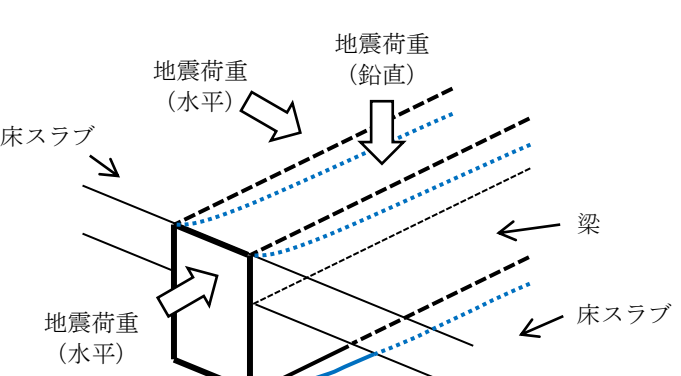
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考



柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参考資料-2 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する梁の力学的特性</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する評価対象部位として梁（一般部・鉄骨トラス）を抽出しない理由について、梁の力学的特性を補足説明するものである。</p> <p>2. 梁の力学的特性 (1) 梁（一般部） 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブで拘束されているため、梁には大きな応力は生じない。</p> <p>(2) 鉄骨トラス 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブやつなぎばりで拘束されているため、鉄骨トラスには大きな応力は生じない。</p>  <p>第2-1図 地震荷重に対する梁の力学的特性</p> <p>3. まとめ 梁は直交方向の地震力に対しては有効となる直交部材が存在することから、「荷重の組合せによる応答特性が想定される部位」として抽出しない。</p>	<p>参考資料2</p> <p>水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する梁の力学的特性</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する評価対象部位として梁（一般部・鉄骨トラス）を抽出しない理由について、梁の力学的特性を補足説明するものである。</p> <p>2. 梁の力学的特性 (1) 梁（一般部） 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブで拘束されているため、梁には大きな応力は生じない。地震荷重に対する梁の力学的特性を第2-1図に示す。</p> <p>(2) 鉄骨トラス 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブやつなぎばりで拘束されているため、鉄骨トラスには大きな応力は生じない。</p>  <p>第2-1図 地震荷重に対する梁の力学的特性</p> <p>3. まとめ 梁は直交方向の地震力に対しては有効となる直交部材が存在することから、「荷重の組合せによる応答特性が想定される部位」として抽出しない。</p>	<p>参考資料-2</p> <p>水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する梁の力学的特性</p> <p>1. はじめに 本資料は、水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに対する評価対象部位として梁（一般部・鉄骨トラス）を抽出しない理由について、梁の力学的特性を補足説明するものである。</p> <p>2. 梁の力学的特性 (1) 梁（一般部） 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブで拘束されているため、梁には大きな応力は生じない。<u>地震荷重に対する梁の力学的特性を第2-1図に示す。</u></p> <p>(2) 鉄骨トラス 鉛直方向の地震荷重に対して設計されており、直交する水平方向の地震荷重に対しては床スラブやつなぎばりで拘束されているため、鉄骨トラスには大きな応力は生じない。</p>  <p>第2-1図 地震荷重に対する梁の力学的特性</p> <p>3. まとめ 梁は直交方向の地震力に対しては有効となる直交部材が存在することから、「荷重の組合せによる応答特性が想定される部位」として抽出しない。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参考資料-3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価に用いる模擬地震波の作成方針</p> <p>1. はじめに 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 S_{s-1} 及び S_{s-3} 並びに「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 S_{s-8} については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平2方向のうち1方向について模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料は、模擬地震波の作成方針を示すものである。</p> <p>2. 模擬地震波の作成方針 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 S_{s-1} 及び S_{s-3} 並びに「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 S_{s-8} の水平方向の模擬地震波の作成方針を下記に示す。</p>	<p>参考資料3</p> <p>水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価に用いる模擬地震波等の作成方針</p> <p>1. はじめに 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_{s-D1} \sim D3$、断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_{s-F1} \sim F3$ 及び震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_{s-N1} については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平2方向のうち1方向について模擬地震波等を作成し入力する方法が考えられる。本資料は、<u>基準地震動 S_s の水平方向に組み合わせる地震動の作成方針を示すものである。</u></p> <p>2. <u>基準地震動 S_s の水平方向に組み合わせる地震動の作成方針</u> 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_{s-D1} \sim D3$、断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_{s-F1} \sim F3$ 及び震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 S_{s-N1} の水平方向に組み合わせる地震動を以下に示す方針によって作成する。</p> <p>(1) <u>敷地で得られた観測記録による確認</u> <u>自由地盤観測点 (0.P.-8.6m) における、2011年東北地方太平洋沖地震 (以下、3.11地震)、2011年4月7日の宮城県沖の地震 (以下、4.7地震) の観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動 S_{s-D1} を同時に水平2方向に入力した場合のオービット (第2-1図) と、観測記録の水平2方向のオービット (第2-2図及び第2-3図) との比較を行った。第2-1図から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方、第2-2図及び第2-3図より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。</u></p>	<p>参考資料-3</p> <p>水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価に用いる模擬地震波の作成方針</p> <p>1. はじめに 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 S_{s-D} 及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 S_{s-N1} については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の同時入力による影響検討を行う場合、水平2方向のうち1方向について模擬地震波を作成し入力する等の方法が考えられる。本資料は、模擬地震波の作成方針を示すものである。</p> <p>2. 模擬地震波の作成方針 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動 S_{s-D} 及び「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動 S_{s-N1} の水平方向の模擬地震波の作成方針を下記に示す。</p>	<p>備考</p> <p>・対象とした観測地震の相違 【女川2】 島根2号炉は敷地で最大の観測記録である2000年鳥取県西部地震を対象としたため相違 (島根2号炉 2章(1) 第2段落と対応)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(1) 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動に対する模擬地震波</p> <p>基準地震動S_s-1及びS_s-3の模擬地震波について、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、基準地震動を作成した方法と同一の方法で、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。</p> <p>なお、念のために大湊側鉛直アレイ観測点 (T. M. S. L. -180m) の観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動S_s-1を同時に水平2方向に入力した場合のオービット (第2-1図) と、観測記録の水平2方向のオービット (第2-2図及び第2-3図) との比較を行った。</p> <p>第2-1図から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方、第2-2図及び第2-3図より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。</p>	<p>(2) 各基準地震動水平方向に組み合わせる地震動の作成方針</p> <p>a. 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動に組み合わせる地震動</p> <p>応答スペクトルに基づく手法による基準地震動$S_s-D1 \sim D3$は、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合するように模擬地震波を作成している。そこで、組み合わせる地震動は、同一の方法で作成した位相の異なる模擬地震波とする。</p> <p>b. 断層モデルに基づく手法による基準地震動に組み合わせる地震動</p> <p>断層モデルに基づく手法による基準地震動S_s-F1, S_s-F2は3.11地震、S_s-F3は4.7地震の敷地における観測記録とシミュレーション解析との整合性が確認されている断層モデルに不確かさを考慮して、統計的グリーン関数法により評価された地震動である。また、シミュレーション結果を踏まえ放射特性を一定値としているため、水平方向の地震動に方向性がない。</p> <p>波形合成にあたっては、要素地震の位相特性を一様乱数として与えていることから、組み合わせる地震動は同一の方法で作成した位相の異なる地震動とする。</p>	<p>(1) 応答スペクトルに基づく地震動として策定された基準地震動に対する模擬地震波</p> <p>基準地震動S_s-Dの模擬地震波について、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、基準地震動を作成した方法と同一の方法で、位相角を一様乱数とした正弦波を重ね合わせ、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を作成する。応答スペクトルのコントロールポイントを第2-1表に、振幅包絡線の経時的变化を第2-2表に示す。</p> <p>なお、念のために2000年鳥取県西部地震の2号地盤の鉛直アレイ観測点 (T. P. -5.0m) における観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、基準地震動S_s-Dを同時に水平2方向に入力した場合のオービット (第2-1図) と、観測記録の水平2方向のオービット (第2-2図) との比較を行った。</p> <p>第2-1図から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方、第2-2図より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。</p>	<p>・対象とした観測地震の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は敷地で最大の観測記録である2000年鳥取県西部地震を対象としたため相違</p> <p>・組合せの影響評価に用いる模擬地震波の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>島根2号炉の断層モデルに基づく基準地震動には方向性があるので相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(2) 「震源を特定せず策定する地震動」として策定された基準地震動に対する模擬地震波</p> <p>基準地震動S_{s-8}は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動S_{s-8}における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤表面相当位置の地震動に基づき敷地地盤の物性等を踏まえて作成されている。模擬地震波については、基準地震動S_{s-8}の作成方法と同一の方法で、基準地震動S_{s-8}で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。</p>	<p>c. <u>震源を特定せず策定する地震動による基準地震動に組み合わせる地震動</u></p> <p>基準地震動S_{s-N1}は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動S_{s-N1}における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤表面相当位置の地震動に基づき作成されている。そこで、<u>組み合わせる地震動は</u>、基準地震動S_{s-N1}の作成方法と同一の方法で、基準地震動S_{s-N1}で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。</p> <p>3. <u>位相特性の異なる模擬地震波の作成例</u></p> <p><u>S_{s-D1}及びS_{s-D1}と位相特性の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形及びそれぞれの地震波を2方向入力した場合のオービットを第3-1図に示す。</u></p> <p>第3-1図に示すように、<u>S_{s-D1}と新たに作成したS_{s-D1}と位相特性の異なる模擬地震波のオービットは偏りが無い。</u></p> <p>また、<u>S_{s-D1}及びS_{s-D1}と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルを第3-2図に示す。</u>なお、目標とする応答スペクトル値に対する、<u>S_{s-D1}と位相特性の異なる模擬地震波のSI比は1.0以上、応答スペクトル比は0.85以上である。</u>応答スペクトル比を第3-3図に示す。</p> <p>第3-2図に示すように、<u>S_{s-D1}と新たに作成したS_{s-D1}と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルは、ほぼ同じである。</u></p>	<p>(2) 「<u>震源を特定せず策定する地震動</u>」として策定された基準地震動に対する模擬地震波</p> <p>基準地震動S_{s-N1}は「震源を特定せず策定する地震動」として、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録より策定された地震動である。基準地震動S_{s-N1}における水平方向の地震動は、観測記録から推定される解放基盤表面相当位置の地震動に基づき作成されている。模擬地震波については、基準地震動S_{s-N1}の作成方法と同一の方法で、基準地震動S_{s-N1}で用いた観測記録と水平方向に直交する観測記録から作成する。</p> <p>3. <u>位相特性の異なる模擬地震波の作成例</u></p> <p><u>基準地震動S_{s-D}及び基準地震動S_{s-D}と位相特性の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形と、それぞれの地震波を2方向入力した場合のオービットを第3-1図に示す。</u></p> <p>第3-1図に示すように、<u>基準地震動S_{s-D}と新たに作成した基準地震動S_{s-D}と位相特性の異なる模擬地震波のオービットはランダムな軌跡を示している。</u></p> <p>また、<u>基準地震動S_{s-D}及び基準地震動S_{s-D}と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルを第3-2図に示す。</u>なお、目標とする応答スペクトル値に対する、<u>基準地震動S_{s-D}と位相特性の異なる模擬地震波のSI比は1.0以上、応答スペクトル比は0.85以上である。</u>応答スペクトル比を第3-3図に示す。</p> <p>第3-2図に示すように、<u>基準地震動S_{s-D}と新たに作成した基準地震動S_{s-D}と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトルは、ほぼ同じである。</u></p>	<p>・記載の充実 【柏崎6/7】 女川2に合わせて、島根2号炉は位相特性の異なる模擬地震波の作成例を追加</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)

島根原子力発電所 2号炉

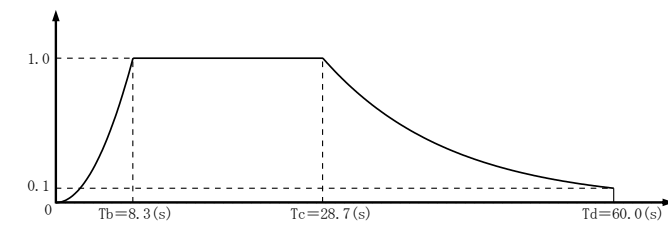
備考

第2-1表 応答スペクトルのコントロールポイント

S s-D コントロール ポイント	周期 (s)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	速度 (cm/s)	2.611	10.35	25.62	41.22	45.63	61.16	108.5	170.0	170.0

第2-2表 振幅包絡線の経時的变化

模擬 地震波	最大加速度 (cm/s ²)	マグニチュード M	等価震源距離 X _{eq} (km)	振幅包絡線の経時的变化 (s)		
				T _b	T _c	T _d (継続時間)
S s-D	820	7.7	17.3	8.3	28.7	60.0



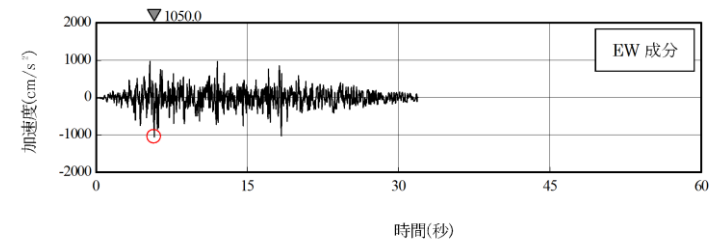
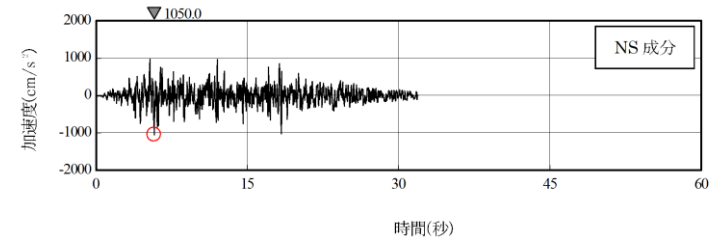
$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

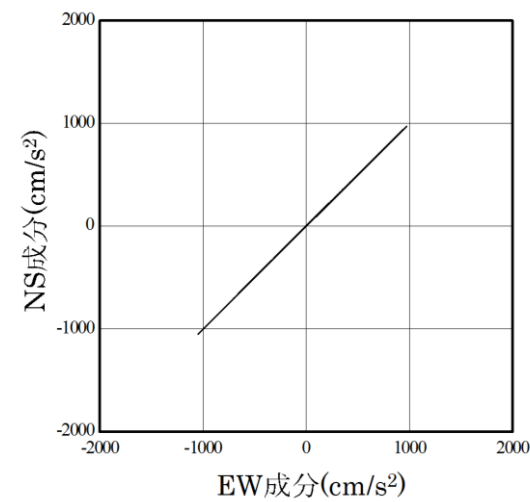
$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54 \log X_{eq}-0.6}$$

$$\text{振幅包絡線: } E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 \leq T \leq T_b \\ 1.0 & T_b \leq T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{T_c-T_b}(T-T_c)} & T_c \leq T \leq T_d \end{cases}$$

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



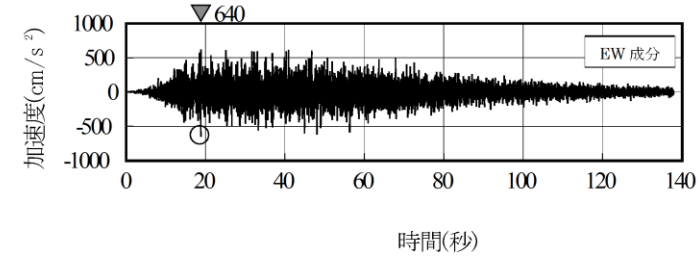
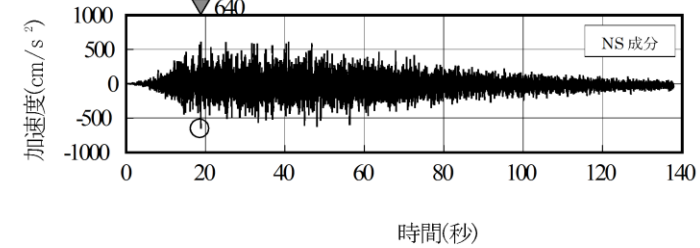
(a) 加速度時刻歴波形



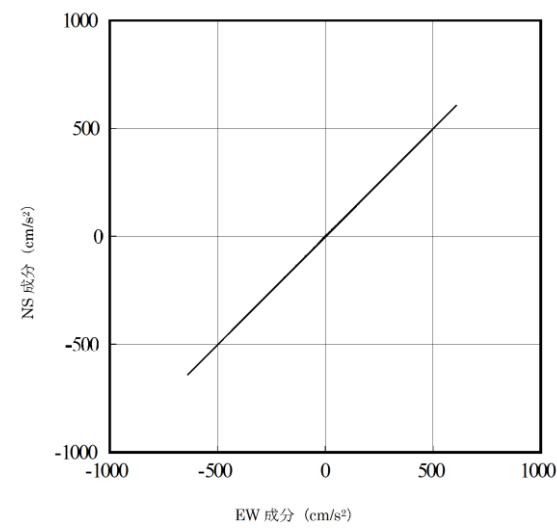
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第2-1図 基準地震動Ss-1H

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)



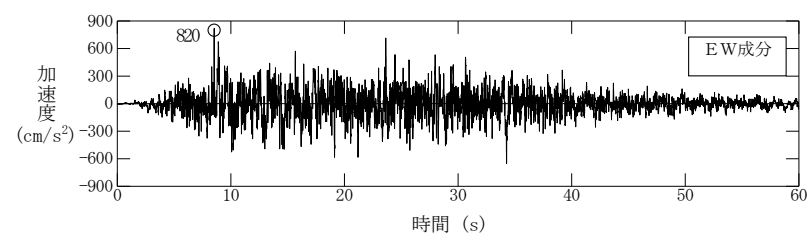
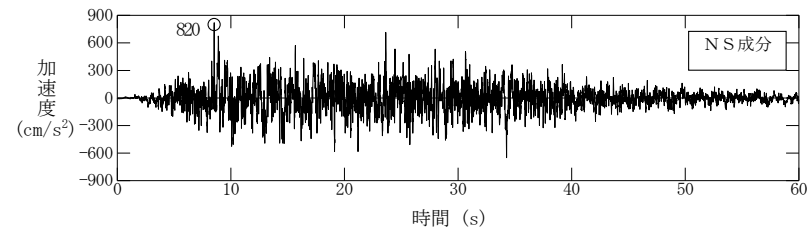
(a) 加速度時刻歴波形



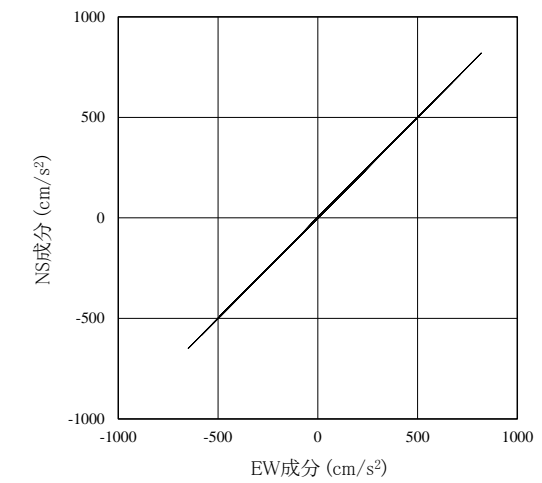
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第2-1図 基準地震動Ss-D1

島根原子力発電所 2号炉



(a) 加速度時刻歴波形

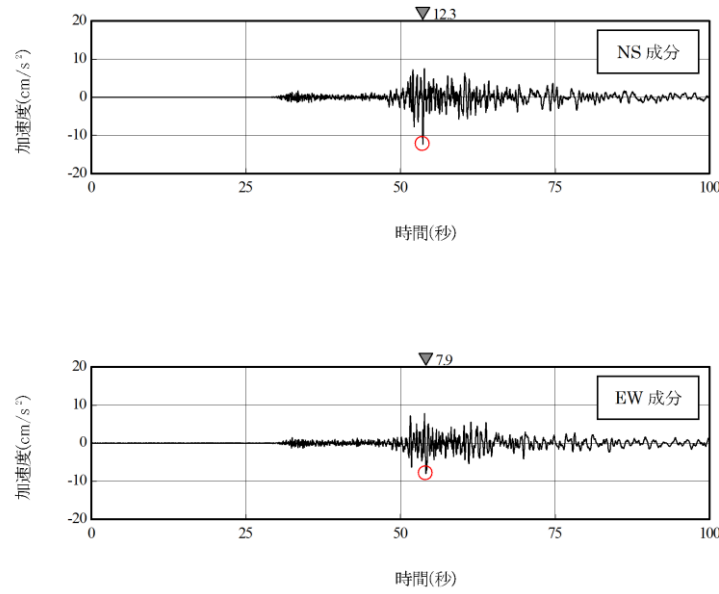


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

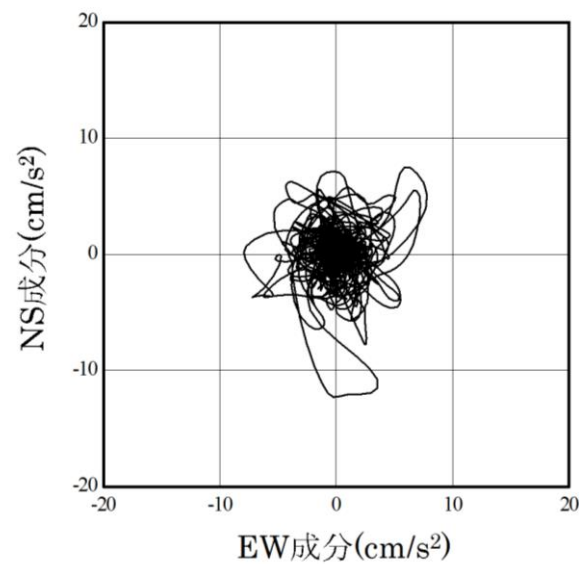
第2-1図 基準地震動Ss-D

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



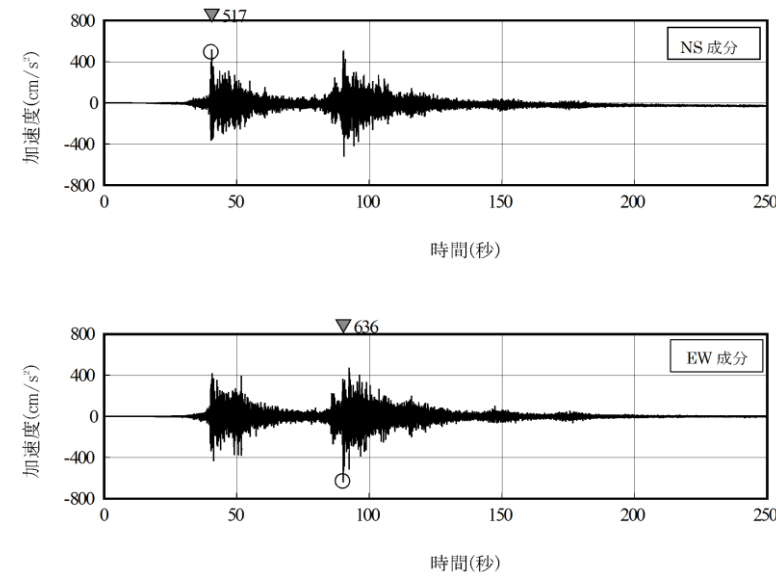
(a) 加速度時刻歴波形



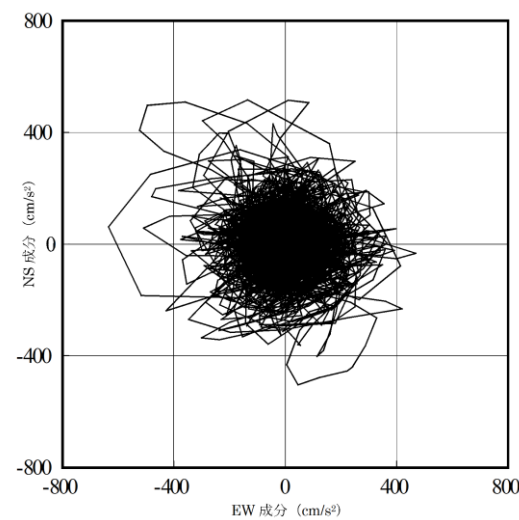
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第2-2図 2007年能登半島地震観測記録(大湊側鉛直アレイ観測点 T. M. S. L. -180m)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)



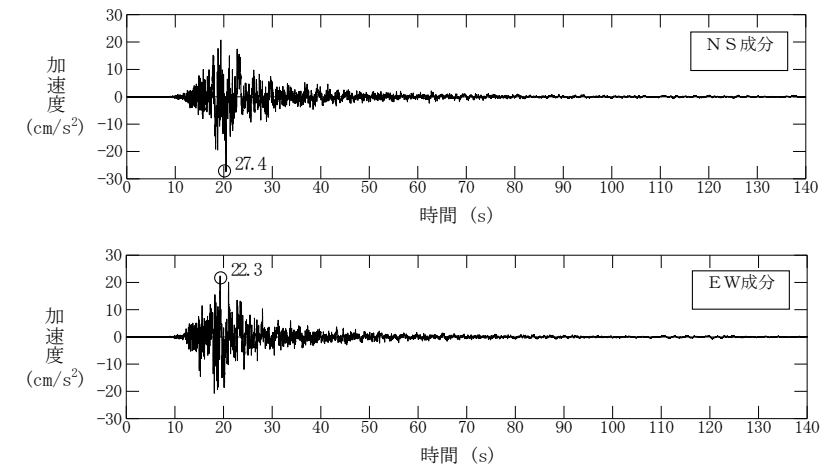
(a) 加速度時刻歴波形



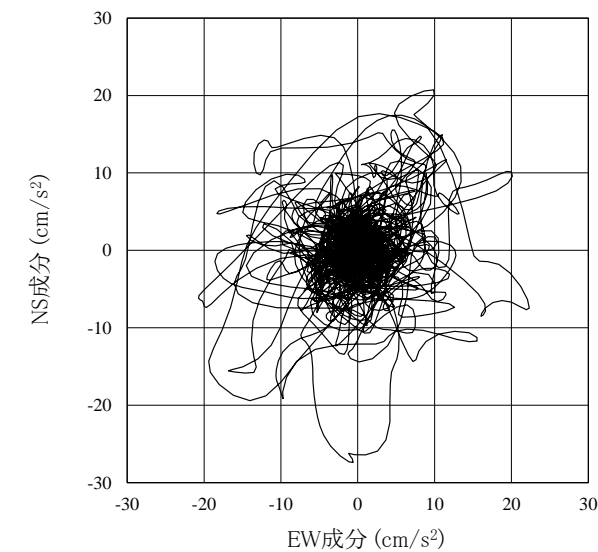
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第2-2図 2011年東北地方太平洋沖地震観測記録(自由地盤観測点 0. P. -8. 6m)

島根原子力発電所 2号炉



(a) 加速度時刻歴波形

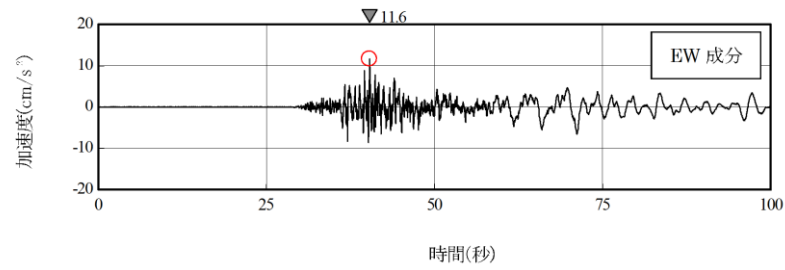
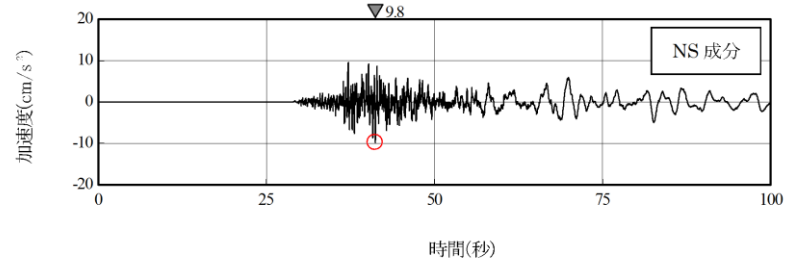


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

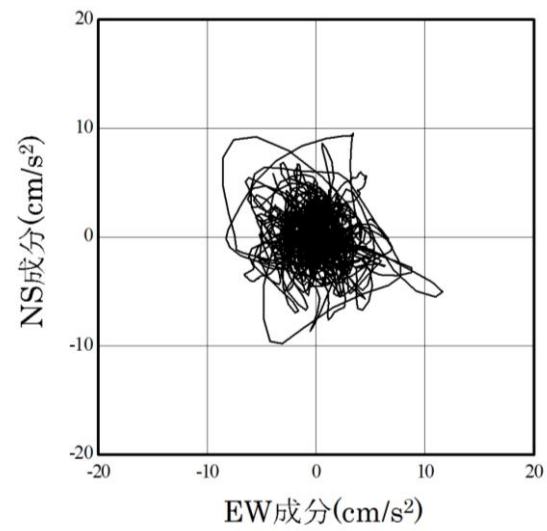
第2-2図 2000年鳥取県西部地震観測記録(2号地盤の鉛直アレイ観測点 T. P. -5. 0m)

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



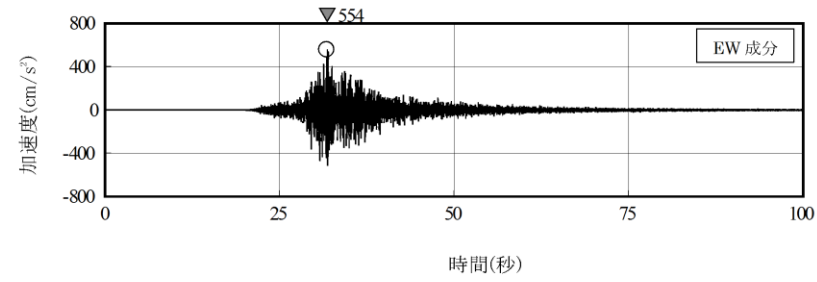
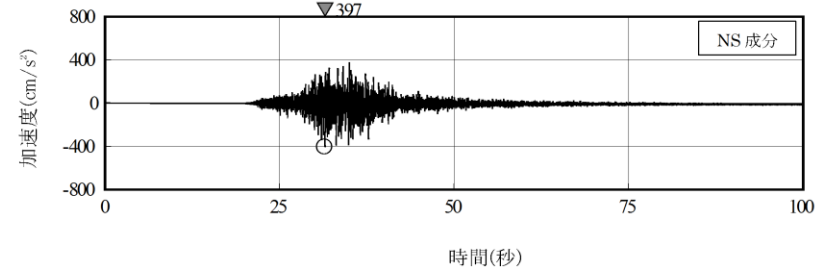
(a) 加速度時刻歴波形



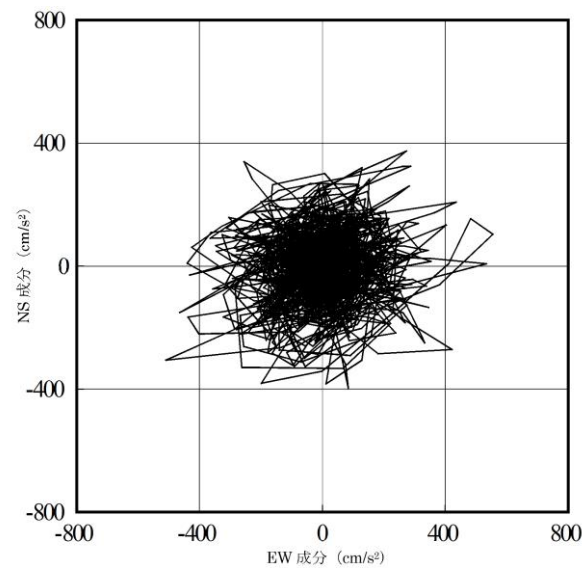
(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第2-3図 2011年長野県北部地震観測記録(大湊側鉛直アレイ観測
点 T. M. S. L. -180m)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)



(a) 加速度時刻歴波形

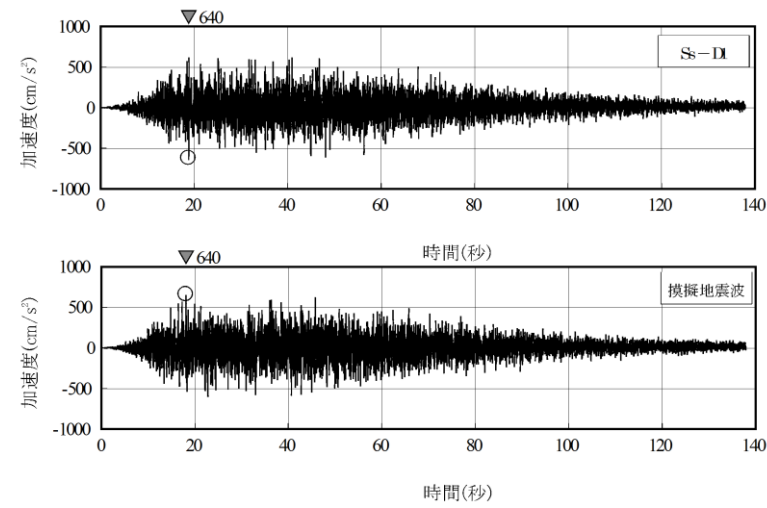


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

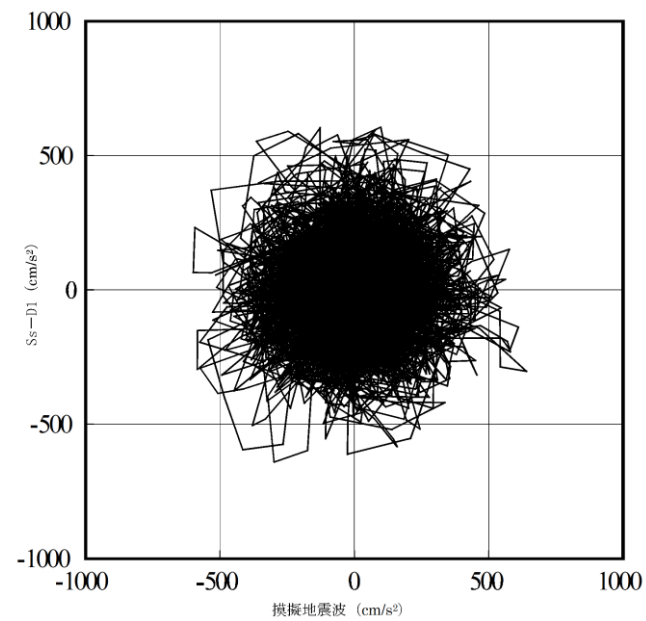
第2-3図 2011年4月7日の宮城県沖の地震観測記録(自由地盤観
測点 O. P. -8. 6m)

島根原子力発電所 2号炉

備考

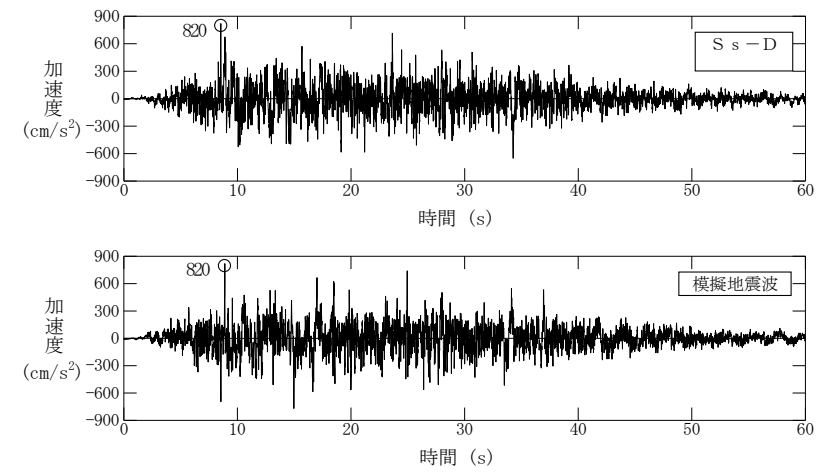


(a) 加速度時刻歴波形

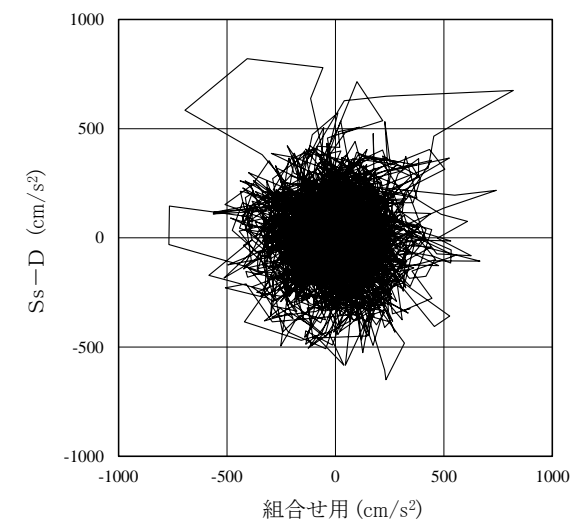


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

第3-1図 基準地震動Ss-D1

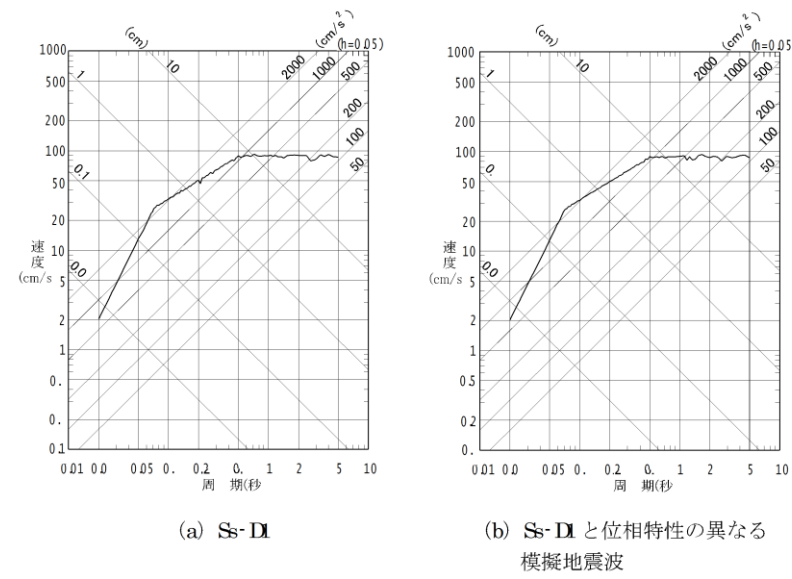


(a) 加速度時刻歴波形

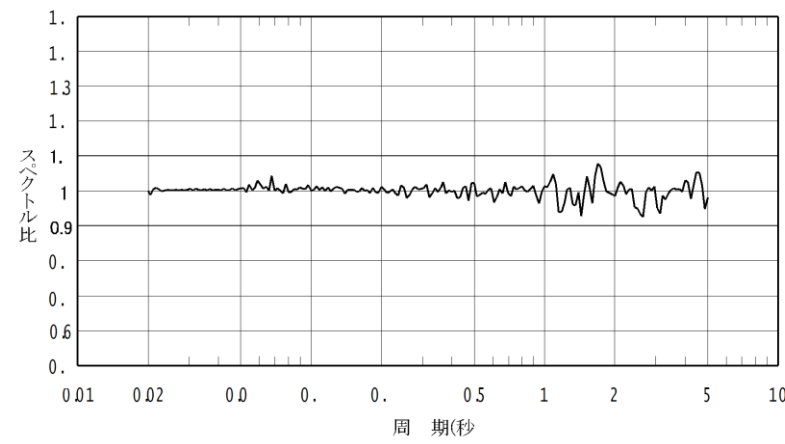


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

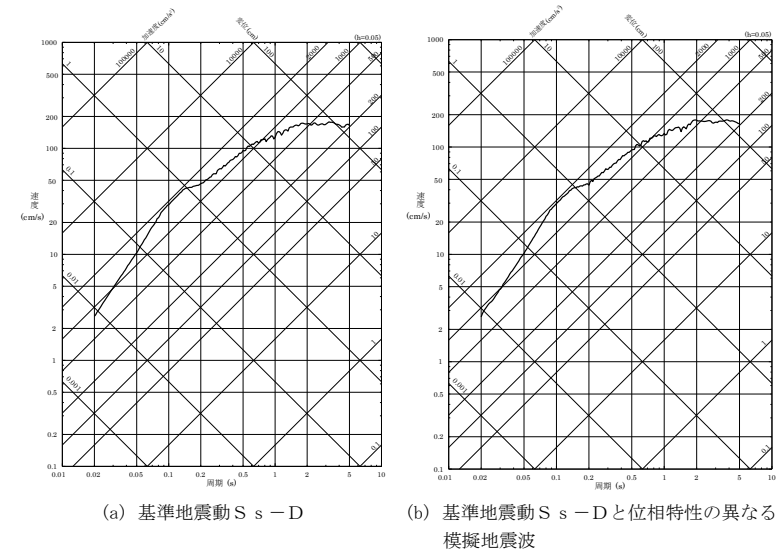
第3-1図 基準地震動Ss-D及び位相特性の異なる模擬地震波



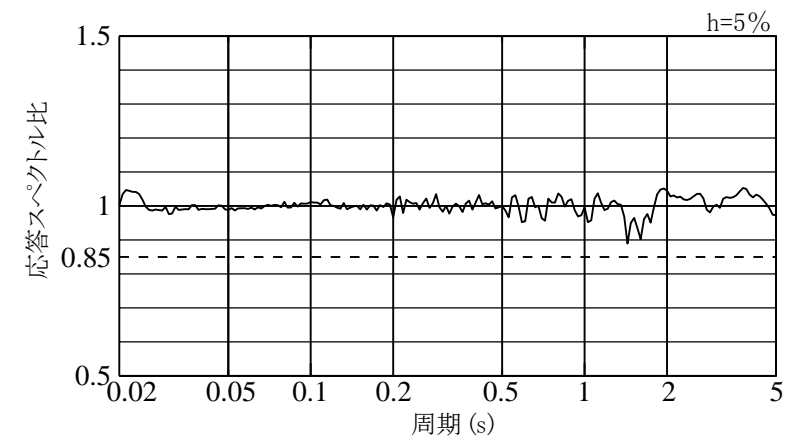
第3-2図 応答スペクトル



第3-3図 Ss-D1と位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトル比



第3-2図 応答スペクトル



第3-3図 基準地震動 Ss-Dと位相特性の異なる模擬地震波の応答スペクトル比