

伊方発電所3号機（非常用ガスタービン発電機）

建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料

4-4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する

影響評価

目 次

	頁
1. 概要	4-4-1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる 地震動	4-4-2
3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価	4-4-3
3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計の考え方	4-4-3
3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	4-4-4
3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出	4-4-7
3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の 抽出結果	4-4-19
3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価	4-4-21
3.6 基礎及び壁（地下部）の評価	4-4-22

1. 概要

資料17-17「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」では、資料17-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力により施設が有する耐震性に及ぼす影響について、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」で評価した建屋（以下「既認可建屋」という。）に、非常用ガスタービン発電機建屋を加えて評価した結果を説明している。

本資料は、非常用ガスタービン発電機建屋について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出について説明するとともに、抽出された部位の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を説明する。

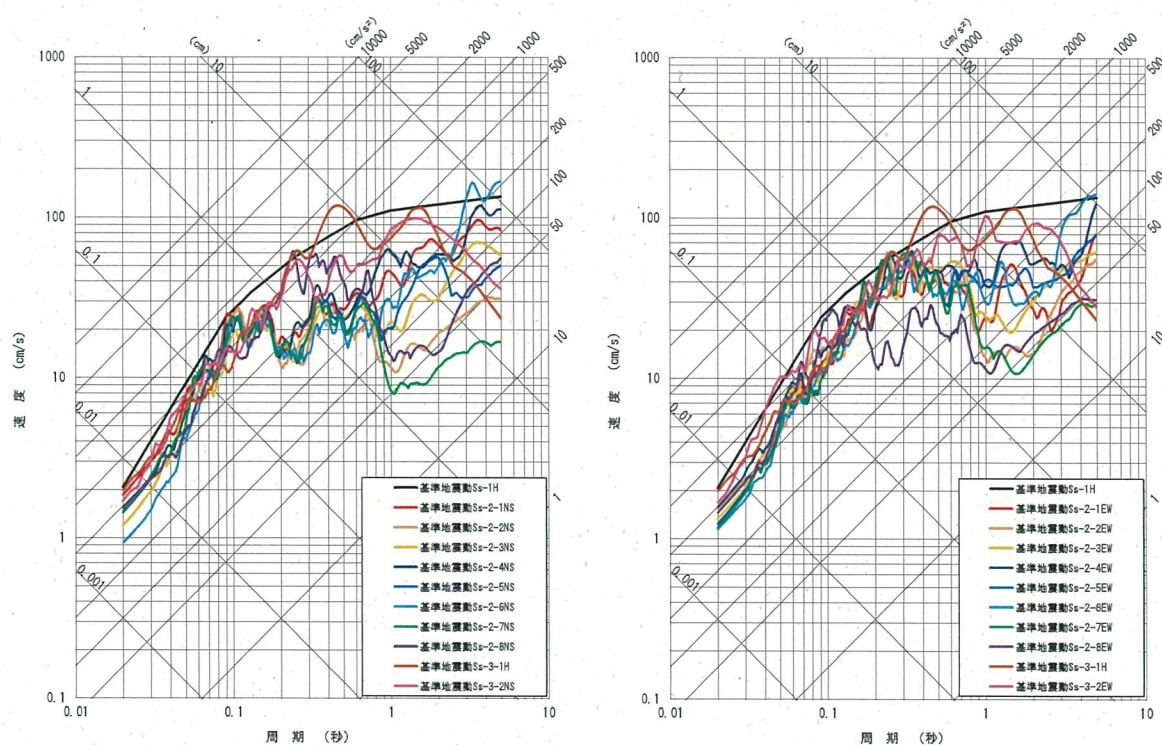
なお、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・資料17-17「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

伊方発電所の基準地震動Ssは、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、応答スペクトルに基づく地震動としてSs-1、断層モデルを用いた手法による地震動としてSs-2-1～Ss-2-8を策定している。また、「震源を特定せず策定する地震動」として基準地震動Ss-3-1～Ss-3-2を策定している。基準地震動Ss-1～Ss-3の応答スペクトル（水平方向）を第2-1図に示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動Ss-1～Ss-3を用いる。ここで、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる基準地震動は、複数の基準地震動における地震動の特性及び包絡関係を、施設の特性による影響も考慮した上で確認し、本影響評価に用いる。



第2-1図 基準地震動の応答スペクトル（水平方向）

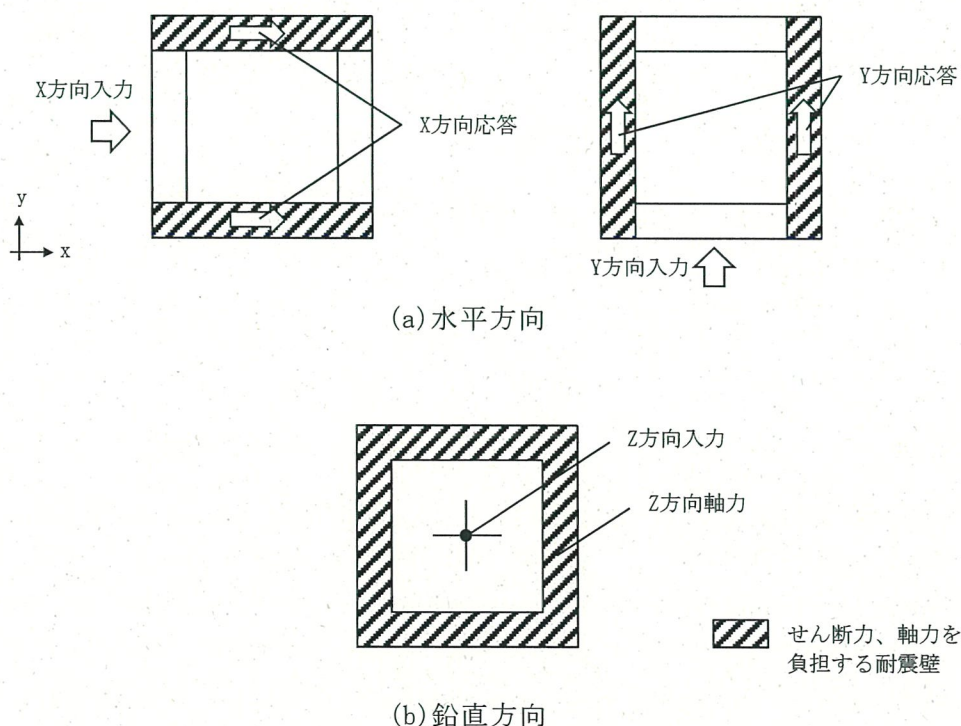
3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価

3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計の考え方

非常用ガスタービン発電機建屋は、非常用ガスタービン発電機、非常用ガスタービン発電機附属設備等を収容する地上2階の鉄筋コンクリート構造物であり、主要構造は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、作用するせん断力は、地震時に生じる力の流れが明解となるように、直交する2方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要素として構造計画を行っている。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対してそれぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。したがって、非常用ガスタービン発電機建屋に対し水平2方向の入力がある場合、各方向から作用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。また、鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本とし、地震応答解析は、主な耐震要素である耐震壁の鉛直方向の剛性を評価し、鉛直方向に対して解析を実施している。入力方向ごとの耐震要素について、第3.1-1図に示す。

これを踏まえ、非常用ガスタービン発電機建屋の応力解析による耐震評価は、地震応答解析により算出された応答を水平1方向及び鉛直方向に組み合わせて評価を行っている。



第3.1-1図 入力方向ごとの耐震要素

3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

非常用ガスタービン発電機建屋について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

対象とする部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性から、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある部位を抽出する。

応答特性から抽出された、水平2方向の地震力の組合せによる影響を受ける可能性がある部位は、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」に示す荷重を水平2方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する応力を算出し、各部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は、詳細な手法を用いた検討等、新たに設計上の対応策を講じる。

影響評価のフローを第3.2-1図に示す。

(1) 影響評価部位の抽出

① 耐震評価上の構成部位の整理

非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位を整理し、非常用ガスタービン発電機建屋において、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。

② 応答特性の整理

非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、荷重の組合せによる応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

④ 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

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されなかった部位について、3次元的な応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3次元的な応答特性により、有する耐震性への影響が

想定される部位を抽出する。

⑤ 3次元FEMモデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、3次元FEMモデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また、3次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3次元FEMモデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては、評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、荷重を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容限界に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

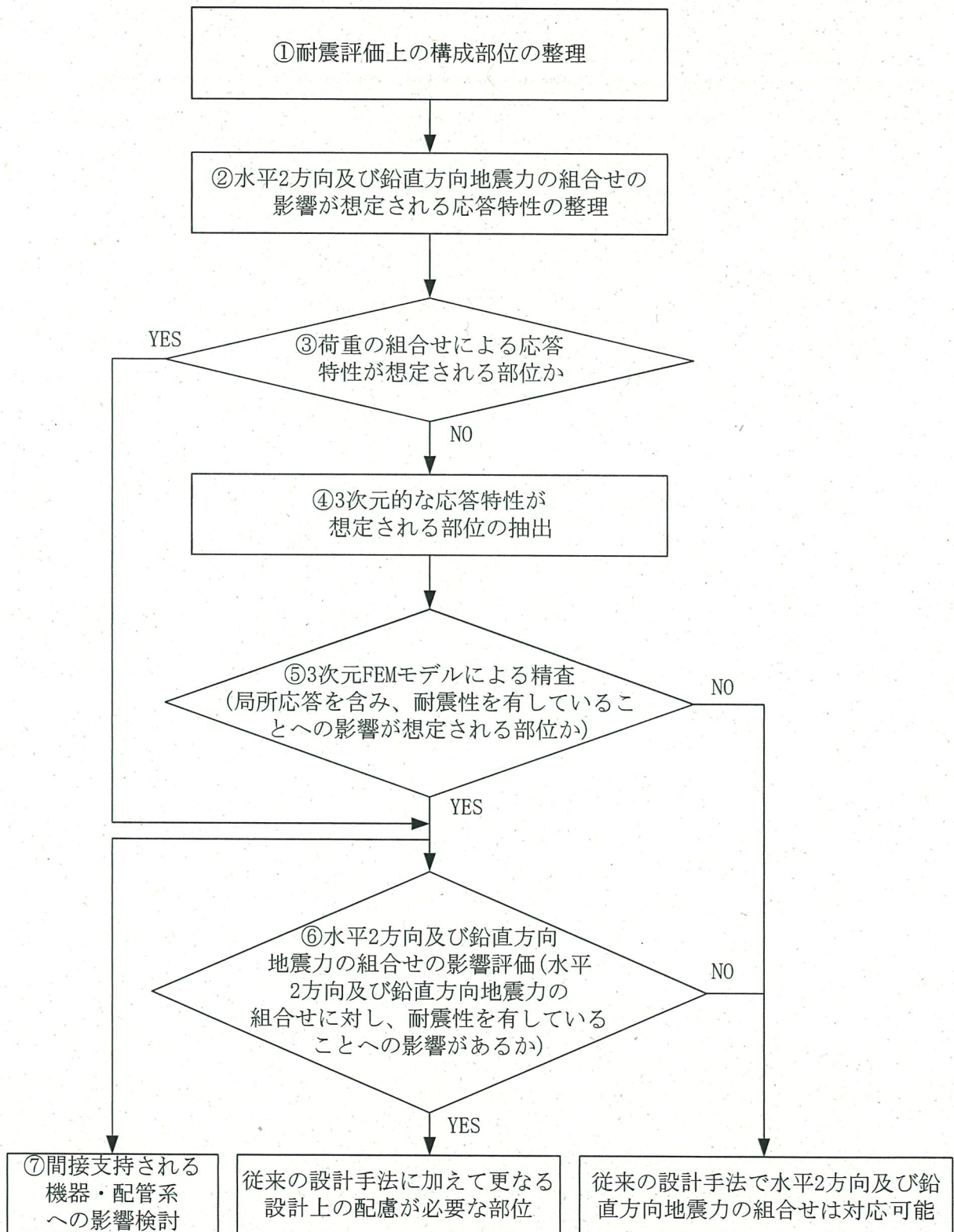
荷重の組合せにおいては、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」に示す水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価で設定した荷重を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国 Regulatory Guide 1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて設定する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

⑦ 機器・配管系への影響検討

「(1) 影響評価部位の抽出」において評価対象として抽出された部位が機器・配管系の間接支持機能を有する場合、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる当該部位の応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる当該部位の応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。



第 3.2-1 図 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響検討のフロー

3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出

(1) 耐震評価上の構成部位の整理

非常用ガスタービン発電機建屋の耐震評価上の構成部位を整理し、該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認した。確認した結果を既認可建屋と併せて第3.3-1表に示す。

第3.3-1表 建物・構築物^(注1)における耐震評価上の構成部位の整理

耐震評価部位	原子炉建屋					原子炉 補助建屋	緊急時 対策所	タービン 建屋 ^(注2)	外周コン クリート 壁(1号 機) ^(注2)	待機 所 ^(注2)	非常用 ガスタ ービン 発電機 建屋	
	外周コン クリート 壁	内部コン クリート	原子炉周 辺補機棟	燃料取扱棟								
				使用済燃 料ピット	鉄骨 部 ^(注2)							
RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造		
柱	一般部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	隅部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	○	—	○	○	—	○	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
壁	一般部	○	○	○	○	—	○	○	—	○	○	○
	斜め部	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	○	—	—	○	—	—	—
	水密扉	—	—	○ ^(注3)	—	—	○ ^(注3)	—	—	—	—	—
床 屋根	一般部	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○
基礎	矩形	○					○	○	○	—	○	○
	円形	—					—	—	—	○	—	—

凡例 ○：対象となる部位あり、—：対象となる部位なし

(注1) 耐震重要施設及びその間接支持構造物、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する建物・構築物

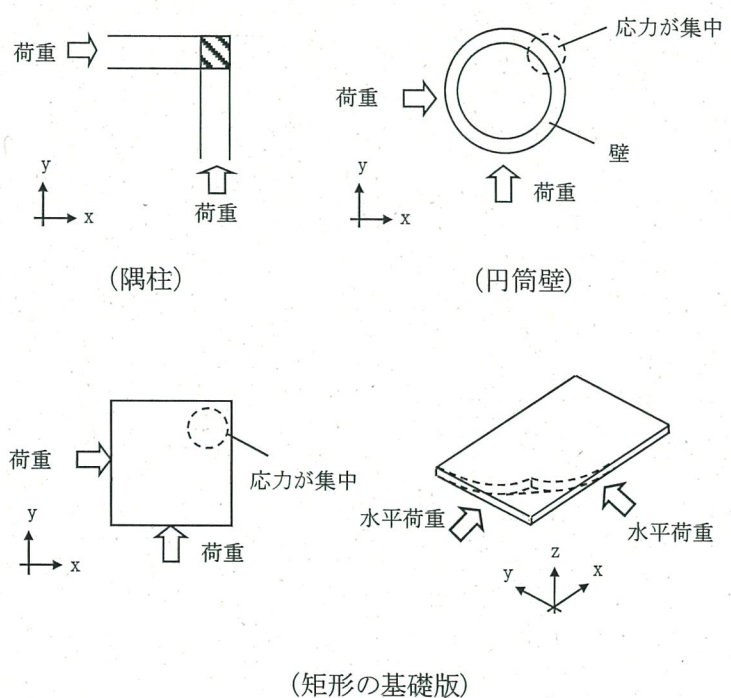
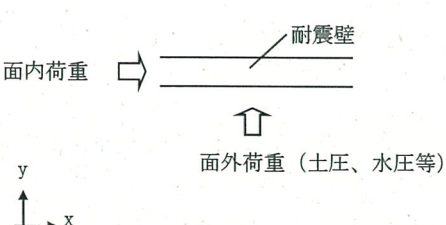
(注2) (注1)のうち、波及的影響防止のために耐震評価を実施する建物・構築物

(注3) 海水ピットポンプ室に設置している水密扉を含む。

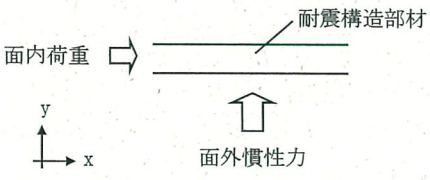
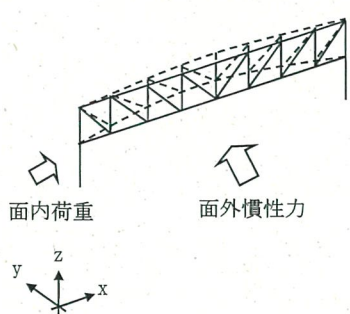
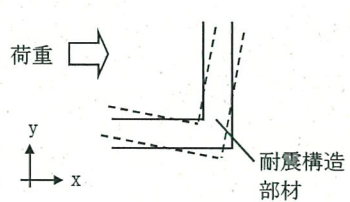
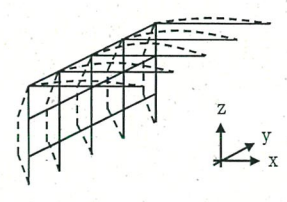
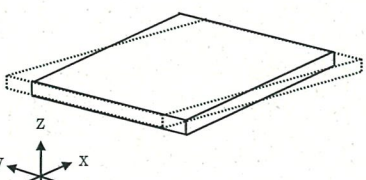
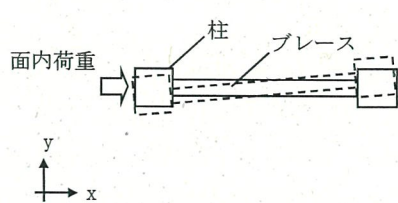
(2) 応答特性の整理

非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性を整理した。応答特性は、荷重の組合せによる影響が想定されるもの及び3次元的な建屋挙動から影響が想定されるものに分けて整理した。整理した結果を第3.3-2表及び第3.3-3表に示す。また、応答特性を踏まえ、耐震評価上の構成部位に対する水平2方向入力のを考え方を第3.3-4表に示す。

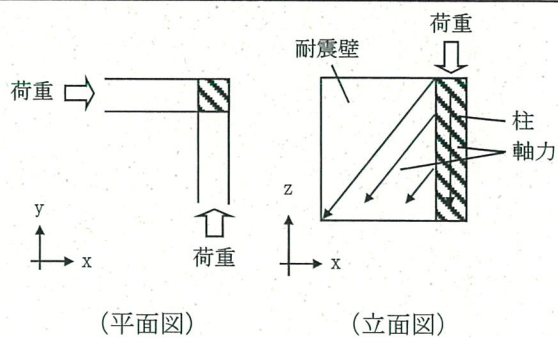
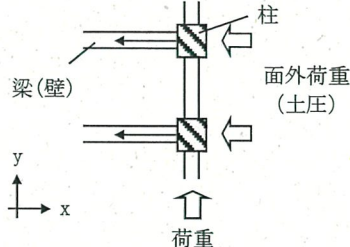
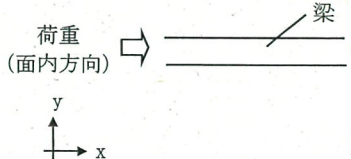
第3.3-2表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
(荷重の組合せによる応答特性)

荷重の組合せによる 応答特性	影響想定部位
<p>①-1</p> <p>直交する水平2 方向の荷重 が、応力とし て集中</p>	<p>応力の集中する隅柱等</p> <p>(例)</p>  <p>(隅柱)</p> <p>(円筒壁)</p> <p>(矩形の基礎版)</p>
<p>①-2</p> <p>面内方向の荷 重を負担しつ つ、面外方向 の荷重が作用</p>	<p>土圧を負担する地下耐震壁等 水圧を負担するピット等</p> <p>(例)</p>  <p>耐震壁</p> <p>面内荷重</p> <p>面外荷重 (土圧、水圧等)</p>

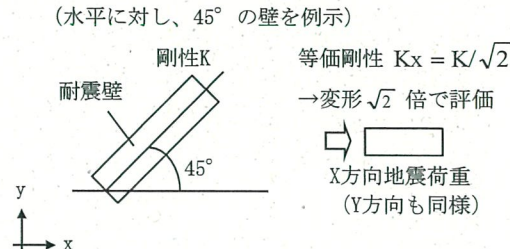
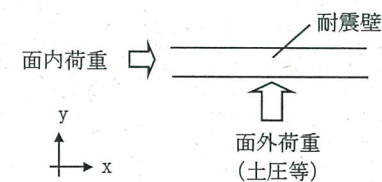
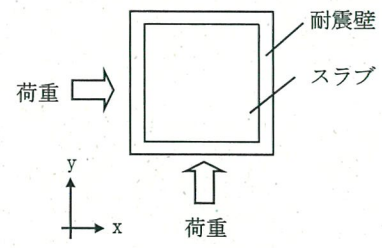
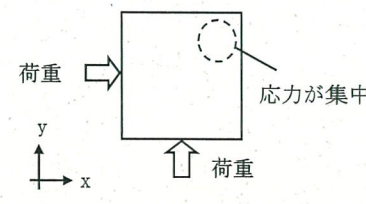
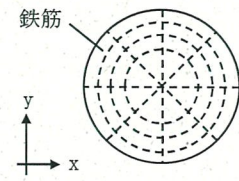
第3.3-3表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される応答特性
(3次元的な応答特性)

3次元的な応答特性	影響想定部位
<p>②-1</p> <p>面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい</p>	<p>大スパン又は吹き抜け部に設置された部位</p> <p>(例)</p>  <p>面内荷重 → 耐震構造部材</p> <p>↑ 面外慣性力</p> <p>(耐震構造部材)</p>  <p>面内荷重 → 面外慣性力</p> <p>(トラス)</p>
<p>②-2</p> <p>加振方向以外の方向に励起される振動</p>	<p>塔状構造物などを含む、ねじれ挙動が想定される建物・構築物</p> <p>(例)</p>  <p>荷重 → 耐震構造部材</p> <p>(壁)</p>  <p>(鉄骨架構)</p>  <p>(床・屋根)</p>  <p>面内荷重 → 柱 → ブレース</p> <p>(ブレース)</p>

第3.3-4表 (1/2) 耐震評価上の各部位に対する水平2方向入力のかえ方

耐震評価上の構成部材		水平2方向入力のかえ方
柱	一般部	耐震壁付の構造の場合、水平入力による影響は小さい。
	隅部 (端部含む)	<p>直交する地震荷重が同時に作用。 ただし、耐震壁付きの隅柱は軸力が耐震壁に分散されることで、影響は小さい。</p>  <p>(平面図) (立面図)</p>
	地下部	<p>外周部耐震壁付のため、水平入力による影響は小さい。 土圧が作用する方向にあるはり及び壁が応力を負担することで、水平面外入力による影響は小さい。</p> 
梁	一般部	<p>1方向のみ地震荷重を負担し、床による面外地震荷重負担による影響は小さい。 吹き抜け部にある梁の面外地震荷重の影響未把握。</p> 
	鉄骨トラス	1方向のみ地震荷重を負担するため水平入力による影響は小さい。床による拘束があるため、面外荷重の影響は小さい。

第3.3-4表 (2/2) 耐震評価上の各部位に対する水平2方向入力のおえ方

耐震評価上の構成部材		水平2方向入力のおえ方
壁	一般部	1方向のみ地震荷重を負担することを基本。直交する方向（面外）、ねじれによる荷重増分は影響未把握。
	斜め部	<p>1方向地震荷重は角度に応じた等価なせん断剛性としたひずみで評価。直交する方向（面外）、ねじれによる荷重増分は影響未把握。</p> <p>(水平に対し、45°の壁を例示)</p> 
	地下部	<p>地下部分の耐震壁は、直交する方向からの地震時面外土圧荷重も受ける。</p> 
	鉄骨ブレース	水平は1方向のみの地震荷重を負担するため、2方向入力による影響は小さい。ただし、ねじれによる荷重増分の影響については確認が必要。
床・屋根	一般部	<p>四方が壁等で固定された床スラブは、水平方向に変形しにくい構造のため、水平地震力の影響は小さい。ただし、ねじれによる荷重増分の影響は確認が必要。</p> 
	基礎版(矩形)	<p>水平2方向の地震力により、応力が集中するため確認が必要。</p> 
基礎	<p>基礎版(円形)</p> <p>鉄筋が放射状に配置されており、円周方向に同一断面としていることから方向性はない。ただし、上部構造物による影響未把握。</p> 	

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

第3.3-1表に示す非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位のうち、第3.3-2表に示す荷重の組合せによる応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を既認可建屋と併せて第3.3-5表に示す。

応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として、基礎を抽出した。

また、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として、面外方向の水圧及び土圧が作用する壁（地下部）を抽出した。

a. 壁

矩形の壁は、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、水圧及び土圧が作用する壁として壁（地下部）が①-2に該当するものとして抽出した。

b. 床及び屋根

床及び屋根は、地震力の負担について方向性を持っており、①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位は存在しない。

また、①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位も存在しない。

c. 基礎

①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位としては、矩形の基礎が考えられる。

矩形の基礎を有する非常用ガスタービン発電機建屋は、隅部への応力集中が考えられるため、①-1に該当するものとして抽出した。

また、①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位としては、基礎は該当しない。

第3.3-5表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出（荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニング）

耐震評価部位		原子炉建屋					原子炉補助建屋	緊急時対策所	タービン建屋	外周コンクリート壁 (1号機)	待機所	非常用ガスタービン発電機建屋
		外周コンクリート壁	内部コンクリート	原子炉周辺補機棟	燃料取扱棟							
					使用済燃料ピット	鉄骨部						
		RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造
柱	一般部	—	—	該当なし	—	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	—
	隅部	—	—	該当なし	—	①-1要	該当なし	—	①-1要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	該当なし	—	該当なし	該当なし	—	該当なし	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	該当なし	—	—	—
壁	一般部	①-1要	該当なし	該当なし	①-2要	—	該当なし	該当なし	—	①-1要	該当なし	該当なし
	斜め部	—	該当なし	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	①-2要
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—	—	—
	水密扉	—	—	該当なし	—	—	該当なし	—	—	—	—	—
床屋根	一般部	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	—	該当なし	該当なし	
基礎	矩形	①-1要					①-1要	①-1要	該当なし	—	該当なし	①-1要
	円形	—					—	—	—	該当なし	—	—

凡例 要：評価必要

①-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(4) 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

第3.3-1表に示す非常用ガスタービン発電機建屋における耐震評価上の構成部位のうち、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されなかった部位について、第3.3-3表に示す3次元的な応答特性により、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位を抽出した。抽出した結果を既認可建屋と併せて第3.3-6表に示す。

応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する部位として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位は抽出されなかった。

a. 壁

壁（地下部）は、(3)で抽出されているため、その他の壁について②-1の部位及び②-2の部位の検討を行う。

非常用ガスタービン発電機建屋は、面外慣性力の影響が大きくなるような大スパン又は吹抜部の壁は存在しないため、②-1の部位には該当しない。また、非常用ガスタービン発電機建屋の壁は、直交する2方向に釣合いよく耐震壁が配置されており、ねじれ振動の影響が懸念されるような構造ではないため、②-2の部位に関しても該当しない。

b. 床及び屋根

床及び屋根は、釣り合いよく壁が配置されているため、②-1の部位及び②-2の部位に該当しない。

c. 基礎

基礎は、(3)で抽出されている。

第3.3-6表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位の抽出（3次元的な応答特性を踏まえたスクリーニング）

耐震評価部位		原子炉建屋					原子炉補助建屋	緊急時対策所	タービン建屋 ^(注2)	外周コンクリート壁 (1号機)	待機所	非常用ガスタービン発電機建屋
		外周コンクリート壁	内部コンクリート	原子炉周辺補機棟	燃料取扱棟							
					使用済燃料ピット	^(注1) 鉄骨部						
		RC造	RC造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	S造	RC造	RC造	RC造
柱	一般部	—	—	不要	—	不要	不要	—	不要	—	—	—
	隅部	—	—	不要	—	要	不要	—	要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
梁	一般部	—	—	不要	—	不要	不要	—	不要	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鉄骨トラス	—	—	—	—	—	—	—	不要	—	—	—
壁	一般部	要	②-2要	②-1要	要	—	②-1要	不要	—	要	不要	不要
	斜め部	—	②-2要	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	地下部	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	要
	鉄骨ブレース	—	—	—	—	不要	—	—	不要	—	—	—
	水密扉	—	—	不要	—	—	不要	—	—	—	—	—
床屋根	一般部	不要 ^(注3)	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	—	不要	不要
基礎	矩形	要					要	要	不要	—	不要	要
	円形	—					—	—	—	不要	—	—

凡例 要：荷重の組合せによる応答特性によるスクリーニングで抽出済み

不要：評価不要

②-1：応答特性「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」

②-2：応答特性「加振方向以外の方向に励起される振動」

(注1) S造については、大スパンの梁を有し、下部に耐震Sクラスである使用済燃料ピットがある燃料取扱棟（鉄骨部）は3次元FEMモデルによる精査を行う。

(注2) 平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-18-2における評価内容に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響はないと判断できることから、影響評価対象外とする。

(注3) 外周コンクリート壁ドーム部については壁部の3次元的な応答特性に伴う影響が考えられるため、3次元FEMモデルによる精査を行う。

(5) 3次元FEMモデルによる精査

非常用ガスタービン発電機建屋について、3次元的な応答特性が想定される部位のうち、応答特性②-1「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」部位及び応答特性②-2「加振方向以外の方向に励起される振動」が発生する部位として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定される部位は抽出されなかった。

さらに、耐震評価部位全般に対し、局所的な応答について、3次元FEMモデルによる精査を行った。

非常用ガスタービン発電機建屋は、直交する2方向に配置された耐震壁を主な耐震要素としており、構造特性については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」の補足説明資料-9において局所応答の検討を行った原子炉補助建屋と類似している。このため、同資料の知見を用いて、非常用ガスタービン発電機建屋の局所応答に対する3次元FEMモデルによる精査を行った。

同資料では、原子炉建屋及び原子炉補助建屋について、水平1方向入力時に対する水平2方向及び鉛直方向入力時の応答値の増分を考慮した局所応答の影響を検討した結果、建屋が有する耐震性への影響は想定されず、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価が必要な部位は抽出されなかった。

以上のことから、非常用ガスタービン発電機建屋についても、建屋が有する耐震性への影響が小さいと判断できることから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を行う必要がある部位は抽出しない。3次元FEMモデルを用いた精査の結果を第3.3-7表に示す。

第3.3-7表 3次元FEMモデルを用いた精査

耐震評価部位	評価対象 ^(注)	3次元的な応答特性 (②-1、②-2)	3次元FEMモデルを用いた精査方法	3次元FEMモデルを用いた精査結果
耐震評価部位全般	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ガスタービン発電機建屋 ・<u>原子炉建屋</u> ・<u>原子炉補助建屋</u> 	局所的な応答	水平2方向及び鉛直方向入力時の応答の、水平1方向入力時の応答に対する増分が小さいことを確認	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の有する耐震性への影響は想定されないため抽出しない。

(注) 下線を代表して評価する。

3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果

(1) 影響評価部位の抽出結果

非常用ガスタービン発電機建屋において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定されるとして抽出した部位を既認可建屋と併せて第3.4-1表に示す。

非常用ガスタービン発電機建屋の基礎については、応答特性①-1「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」する部位として抽出されるものの、建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋及び原子炉補助建屋を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

非常用ガスタービン発電機建屋の壁（地下部）については、応答特性①-2「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」する部位として抽出されるものの、上部に床などの拘束がなく、また、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料ピットの壁を代表として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を行う。

ここで、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の基礎並びに使用済燃料ピットの壁に対する影響評価については、平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可された工事計画の資料13-19「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」において、水平2方向及び鉛直方向地震力に対して、建物・構築物が有する耐震性への影響がないことを確認している。

なお、耐震性向上の観点から、非常用ガスタービン発電機建屋の基礎及び壁（地下部）についても、「3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価」に基づき実施し、評価結果を「3.6 基礎及び壁（地下部）の評価」に示す。

(2) 機器・配管系への影響の可能性のある部位の抽出結果

非常用ガスタービン発電機建屋において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響から、機器・配管系への影響の可能性のある部位について検討した。

基礎は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が集中する部位であるが、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響がないため機器・配管系への影響の可能性はない。

壁（地下部）は、設置されている機器・配管系が水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、水平1方向の地震力のみ負担する構造となっているため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる機器・配管系への影響の可能性はない。

第3.4-1表 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の確認が必要な部位

応答特性	耐震評価部位		対象建物・構築物 ^(注)	代表評価部位
	柱	隅部		
①-1	柱	隅部	・ <u>燃料取扱棟（鉄骨部）</u>	—
	壁	一般部	・ <u>外周コンクリート壁（円筒部）</u> ・ 外周コンクリート壁（1号機）	基準地震動Ssに対する裕度が小さい外周コンクリート壁（円筒部）を評価する。
	基礎	矩形	・ <u>原子炉建屋</u> ・ <u>原子炉補助建屋</u> ・ 緊急時対策所 ・ 非常用ガスタービン発電機建屋	建屋規模が大きく、重要な設備を多く内包している等の留意すべき特徴を有している原子炉建屋及び原子炉補助建屋を評価する。
①-2	壁	一般部	・ <u>使用済燃料ピット</u>	上部に床などの拘束がなく、また、面外荷重（水圧）が作用する使用済燃料ピットの壁を評価する。
		地下部	・ 非常用ガスタービン発電機建屋	

凡例 ①-1：応答特性「直交する水平2方向の荷重が、応力として集中」

①-2：応答特性「面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の荷重が作用」

(注) 下線は評価する建物・構築物を示す。

3.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価

「3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価部位の抽出結果」で抽出された非常用ガスタービン発電機建屋の基礎及び壁（地下部）について、基準地震動 S_s を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を評価する。評価は、資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」の解析モデル及び地震力を用いる。評価に用いる地震動を第3.5-1表に示す。

影響評価に用いる地震力は、基準地震動 S_s の各方向地震成分により、個別に計算した最大応答値を用い、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法として、米国Regulatory Guide1.92^(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考に、組合せ係数法(1.0 : 0.4 : 0.4)に基づいて評価する。また、本検討が水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の評価を目的としていること及び耐震設計において水平方向地震力が支配的であることを踏まえ、組合せは鉛直方向地震力の係数0.4のケースに対して検討を実施する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 “Combining modal responses and spatial components in seismic response analysis”

第3.5-1表 評価に用いる地震動

耐震評価部位	影響評価に用いる地震動	備考
基礎	基準地震動 S_s	資料17-15-2と同様の地震力を用いるため、 S_s -1～ S_s -3の地震力を包絡して用いる。
壁（地下部）		

3.6 基礎及び壁（地下部）の評価

3.6.1 検討概要

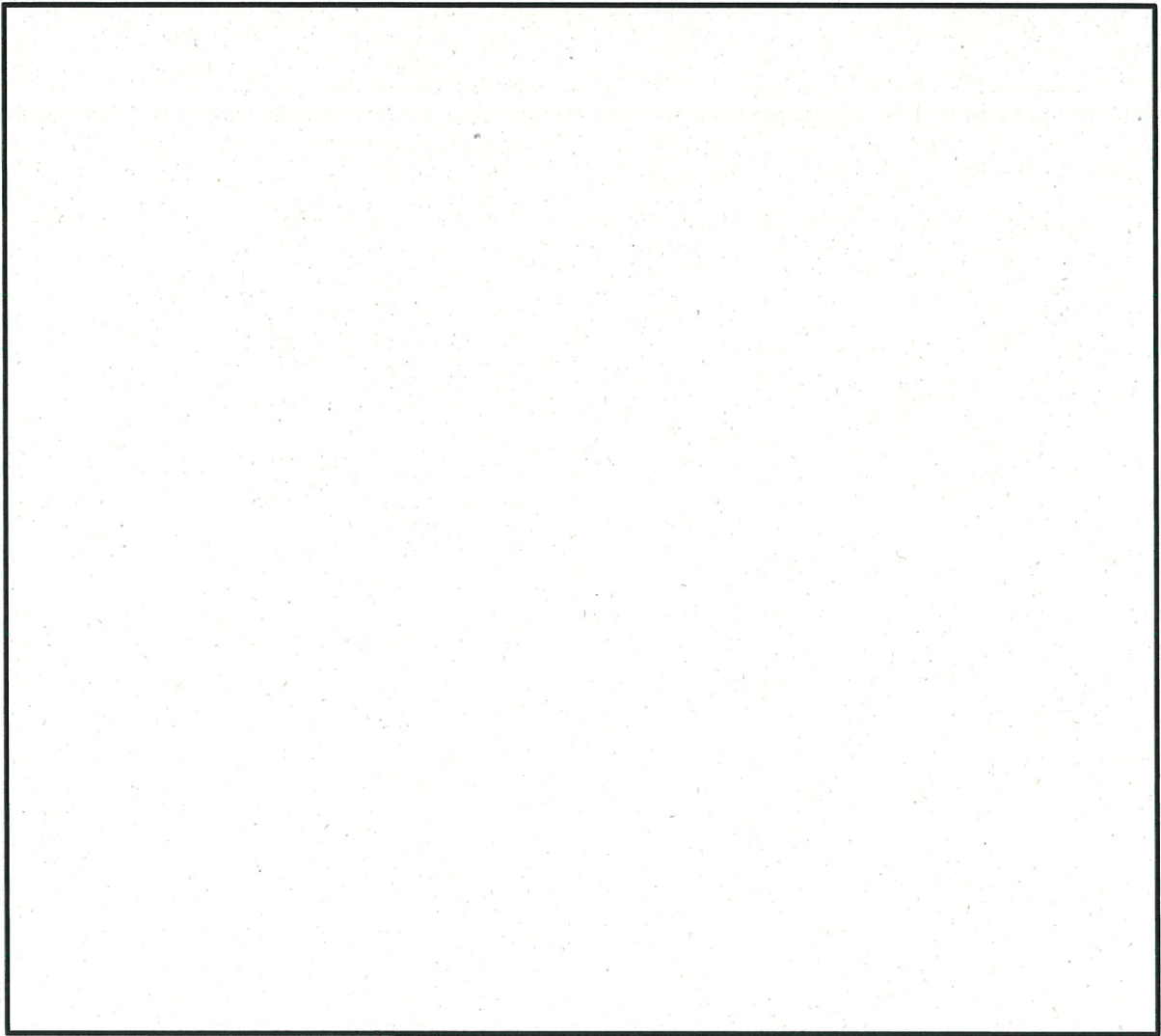
非常用ガスタービン発電機建屋の基礎は、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位であり、隅部等に応力が集中する可能性がある。また、非常用ガスタービン発電機建屋の壁（地下部）は、面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の水圧及び土圧荷重が作用する部位であり、水平2方向の地震力の影響を受ける。

検討は、非常用ガスタービン発電機建屋の各部位に対して、3次元FEMモデルを用いて、地震力を水平2方向及び鉛直方向から作用させた場合の検討を実施する。

非常用ガスタービン発電機建屋は、非常用ガスタービン発電機、非常用ガスタービン発電機附属設備等を収容する地上2階の鉄筋コンクリート構造物である。なお、地下には多目的に使用可能な淡水の貯水槽を収容する。

主要構造は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体としており、厚さ2.5m（一部2.0m）の基礎を介して直接岩盤に支持されている。

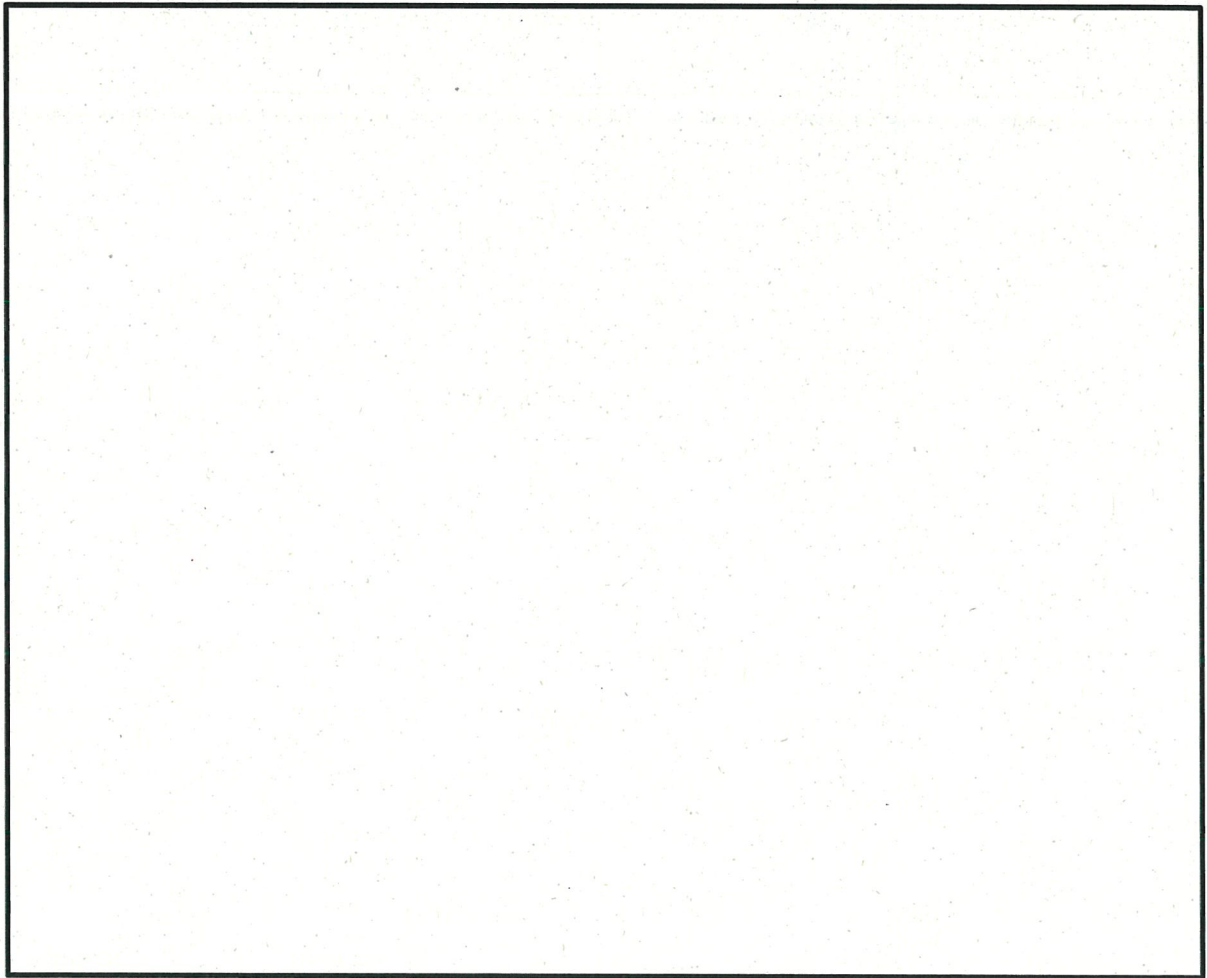
非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図及び概略断面図を第3.6-1図及び第3.6-2図に示す。



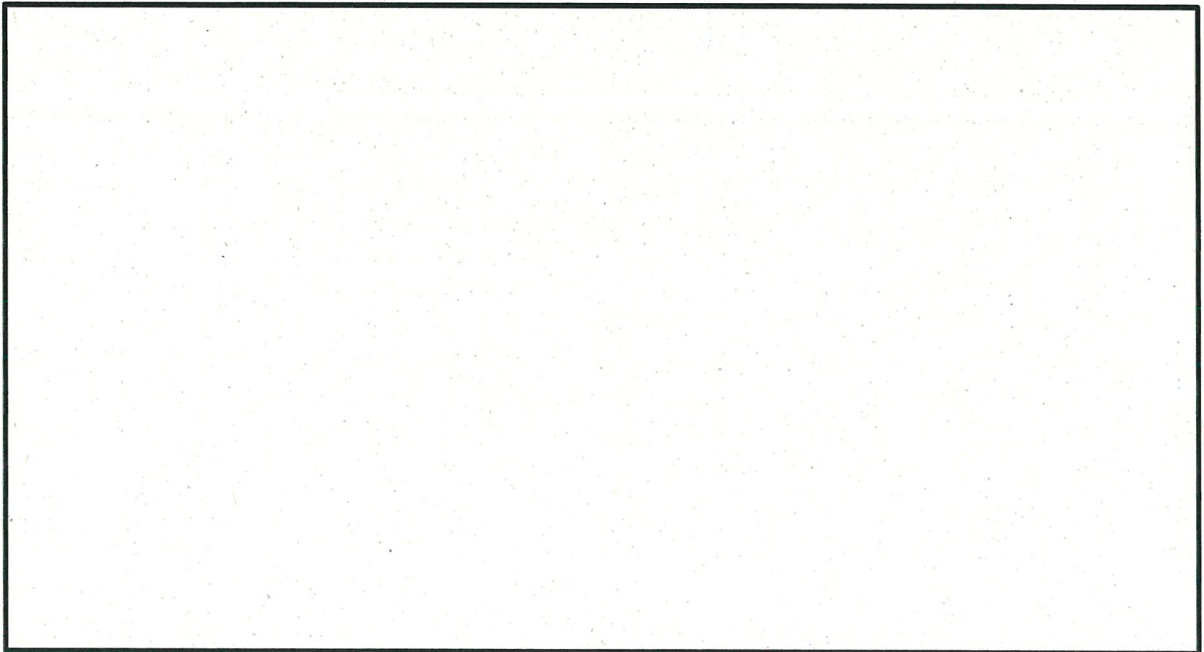
第3.6-1図 (1/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 24. 6m)



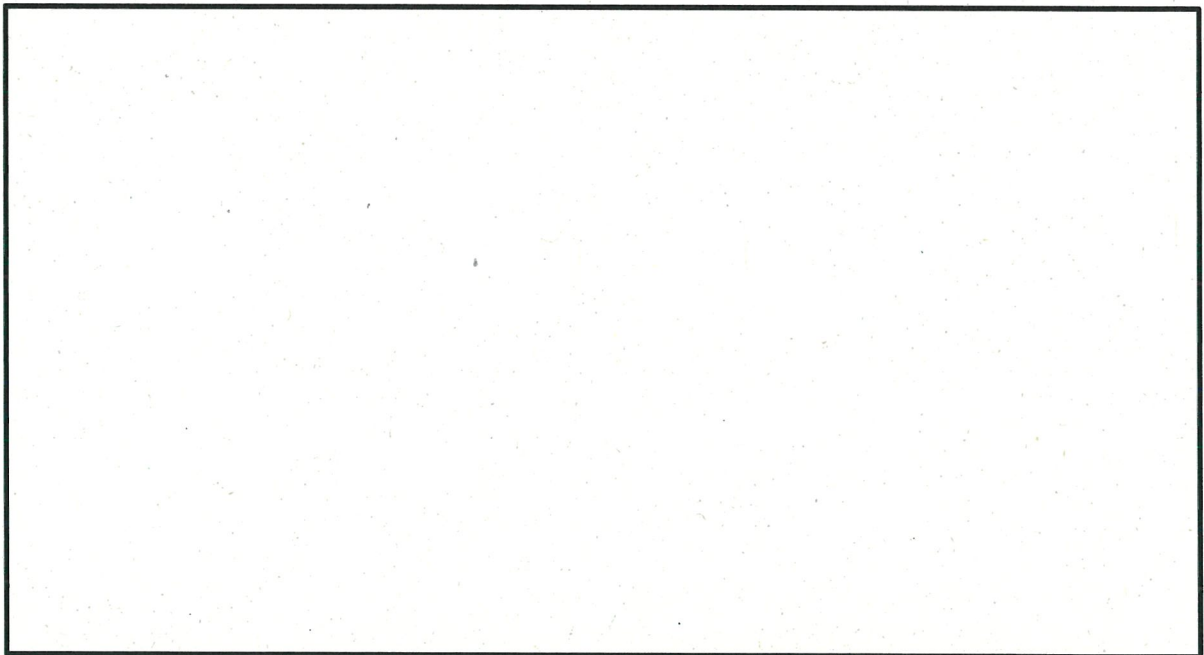
第3.6-1図 (2/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 32.7m)



第3.6-1図 (3/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 41.0m)



第3.6-2図 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (A-A断面)



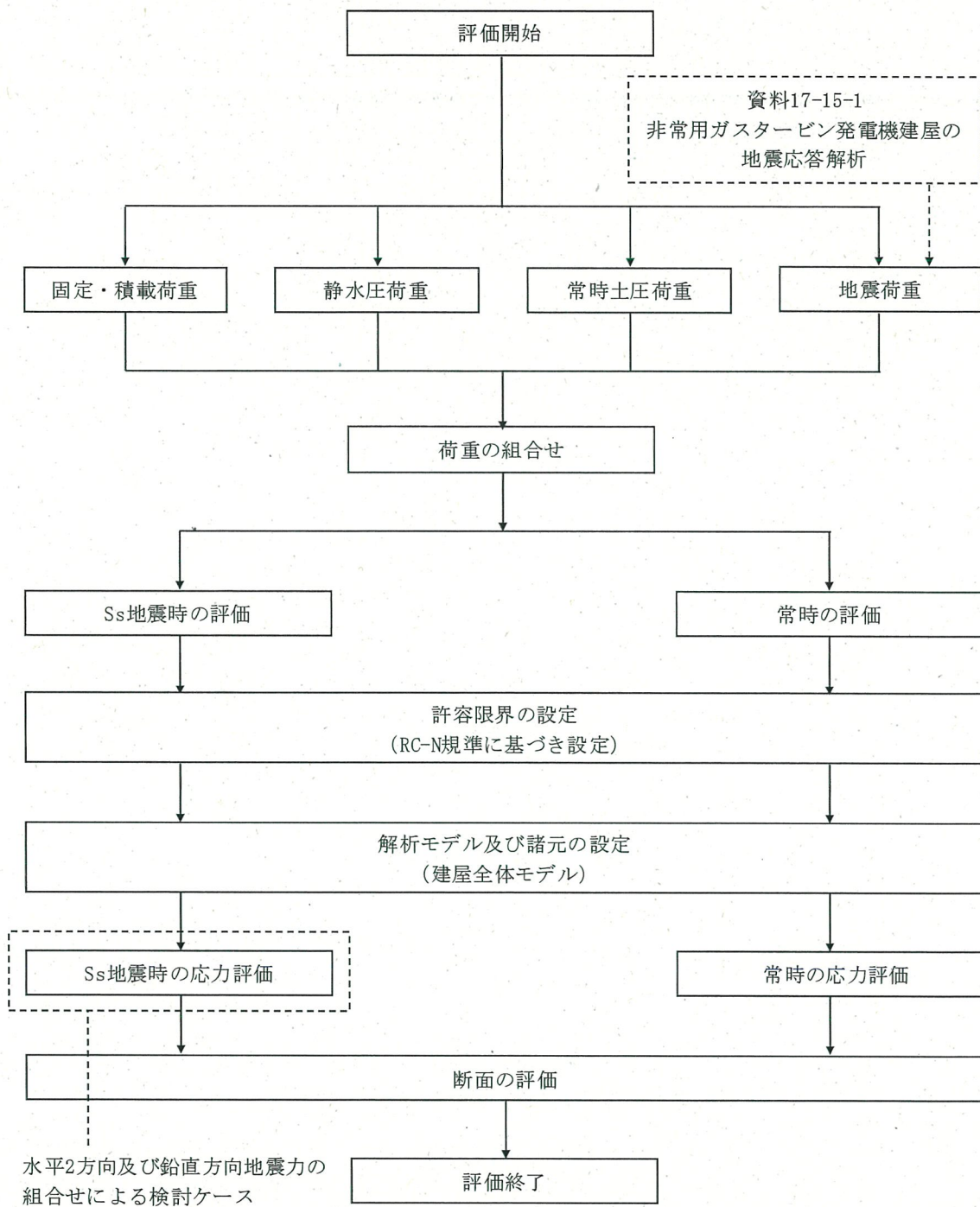
第3.6-2図 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (B-B断面)

3.6.2 検討方針

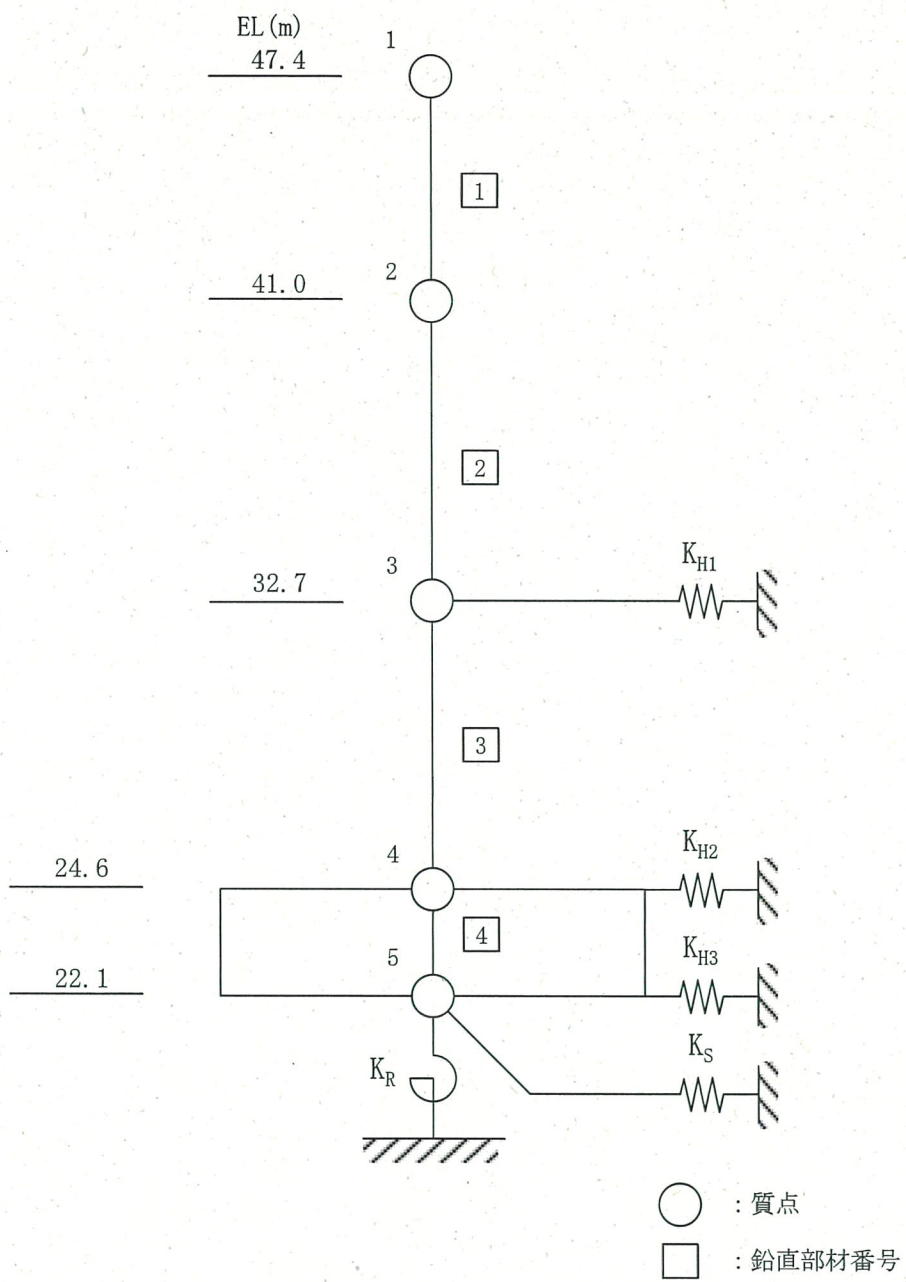
水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価として、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位である基礎の評価を実施するとともに、面外方向の水圧及び土圧荷重が作用する部位である壁（地下部）の評価を実施する。

評価は、非常用ガスタービン発電機建屋の壁、床、屋根及び基礎を含めた建屋全体の3次元FEMモデルを用い、基準地震動 S_s による地震力が作用する状態（以下「 S_s 地震時」という。）において、地震荷重を水平2方向及び鉛直方向に対して作用させた弾性応力解析に基づき、地震荷重と地震荷重以外の荷重の組合せの結果、基礎及び壁（地下部）に発生する応力が、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005制定）（以下「RC-N規準」という。）に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。評価に用いる動的地震力は、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」による結果を用いて算出する。

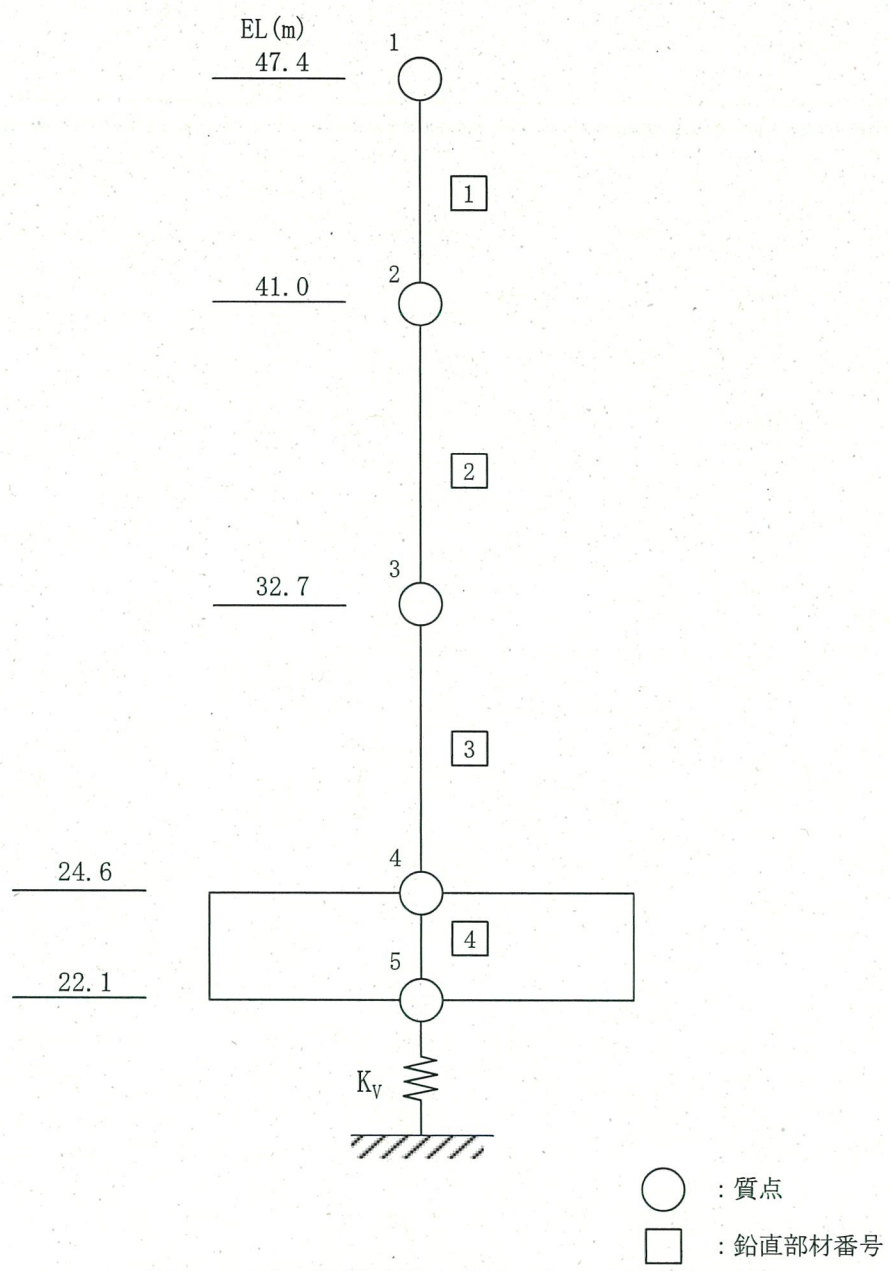
非常用ガスタービン発電機建屋の評価フローを第3.6-3図に、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」における地震応答解析モデルを第3.6-4図及び第3.6-5図に、動的地震力に考慮する地盤物性の不確かさ等を考慮した地震応答解析ケースを第3.6-1表に示す。



第 3.6-3 図 非常用ガスタービン発電機建屋の評価フロー



第 3.6-4 図 地震応答解析モデル (水平方向)



第3.6-5図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第3.6-1表 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析ケース

ケース名	地盤のせん断波速度 V_s ※ (m/s)			鉄筋コンクリート部の 減衰定数 h (%)
基本	1,700	2,300	2,700	5
$V_s+1\sigma$	1,836 (1.08)	2,484 (1.08)	2,916 (1.08)	5
$V_s-1\sigma$	1,564 (0.92)	2,116 (0.92)	2,484 (0.92)	5
減衰3%	1,700	2,300	2,700	3

※：資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」において、基礎底面及び建屋側面の地盤ばねの算定に用いた地盤のせん断波速度。

() 内は基本ケースに対する比率。

3.6.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料17-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。なお、非常用ガスタービン発電機建屋の評価において、積雪荷重は積載荷重に包絡されることから、地震荷重及び積載荷重の組合せで考慮される。また、非常用ガスタービン発電機建屋が鉄筋コンクリート構造物であり自重の大きな施設であることから、風荷重の影響は小さいと判断し、地震荷重及び風荷重の組合せは考慮しない。

(1) 荷重

a. 固定荷重(G)及び積載荷重(P)

固定荷重及び積載荷重を第3.6-2表及び第3.6-3表に示す。

第3.6-2表(1/2) 固定荷重(床、屋根及び壁)

部位	固定荷重(kN/m ²)	備考
床	24.00t	t: 部材厚さ(m)
屋根	24.00t+4.10	
壁	24.00t	

第3.6-2表(2/2) 固定荷重(基礎)

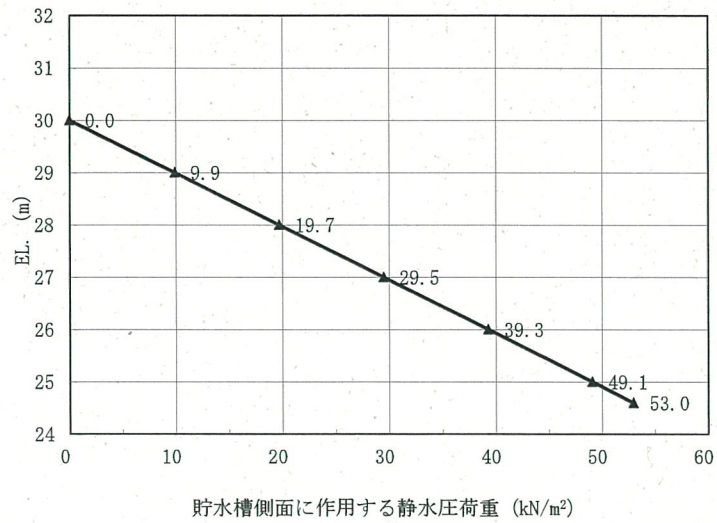
部位	固定荷重(kN/m ²)	備考
基礎	24.00t+0.20	t: 部材厚さ(m)

第3.6-3表 積載荷重(床及び屋根)

部位	積載荷重(kN/m ²)
床	機器+配管サポート+0.60
屋根	機器+配管サポート+0.30

b. 静水圧荷重 (H_0)

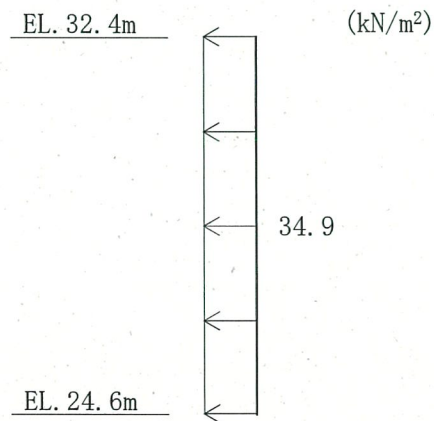
貯水槽内の静水圧荷重を第3.6-6図に示す。基礎にはEL. 24.6mにおける静水圧荷重を鉛直下方向に設定する。



第3.6-6図 静水圧荷重

c. 常時土圧荷重 (E_0)

常時土圧荷重は、JEG4601-1991に基づき算出する。常時土圧荷重を第3.6-7図に示す。



第3.6-7図 常時土圧荷重

c. 地震荷重 (Ks)

地震荷重は、水平地震力、鉛直地震力、貯水槽内の水のスロッシングによる動水圧（以下「水平地震力による動水圧荷重」という。）、貯水槽内の水の鉛直地震力による動水圧（以下「鉛直地震力による動水圧荷重」という。）及び地震時増分土圧荷重により構成される。

(a) Ss地震荷重 (Ks)

Ss地震荷重のうち水平地震力及び鉛直地震力は、地震応答解析結果における動的地震力より設定する。

水平地震荷重と鉛直地震荷重の組合せは、組合せ係数法を用いて次のとおりとする。

- ① $1.0 \times \text{EW方向地震荷重} + 0.4 \times \text{NS方向地震荷重}$
 $+ 0.4 \times \text{鉛直地震荷重}$
- ② $0.4 \times \text{EW方向地震荷重} + 1.0 \times \text{NS方向地震荷重}$
 $+ 0.4 \times \text{鉛直地震荷重}$

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3.6-4表に示す。

第3.6-4表 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
Ss地震時	$GP + H_0 + E_0 + K_s$

GP : 固定・積載荷重

H_0 : 静水圧荷重

E_0 : 常時土圧荷重

K_s : Ss地震荷重

3.6.4 使用材料の許容応力度

RC-N規準に基づくコンクリート及び鉄筋の許容応力度を第3.6-5表及び第3.6-6表に示す。

第3.6-5表 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

設計基準強度 Fc	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
30.0	10.00	0.79	20.00	1.18

第3.6-6表 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

鉄筋種類	長期		短期	
	引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD345	195	195	345	345

3.6.5 解析モデル及び諸元

(1) モデル化の基本方針

a. 基本方針

応力解析は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析とする。解析モデルは、非常用ガスタービン発電機建屋の上部構造物と基礎を含めた建屋全体モデルとする。解析モデルを第3.6-8図及び第3.6-9図に示す。モデルの節点数は5,591、要素数は6,067である。

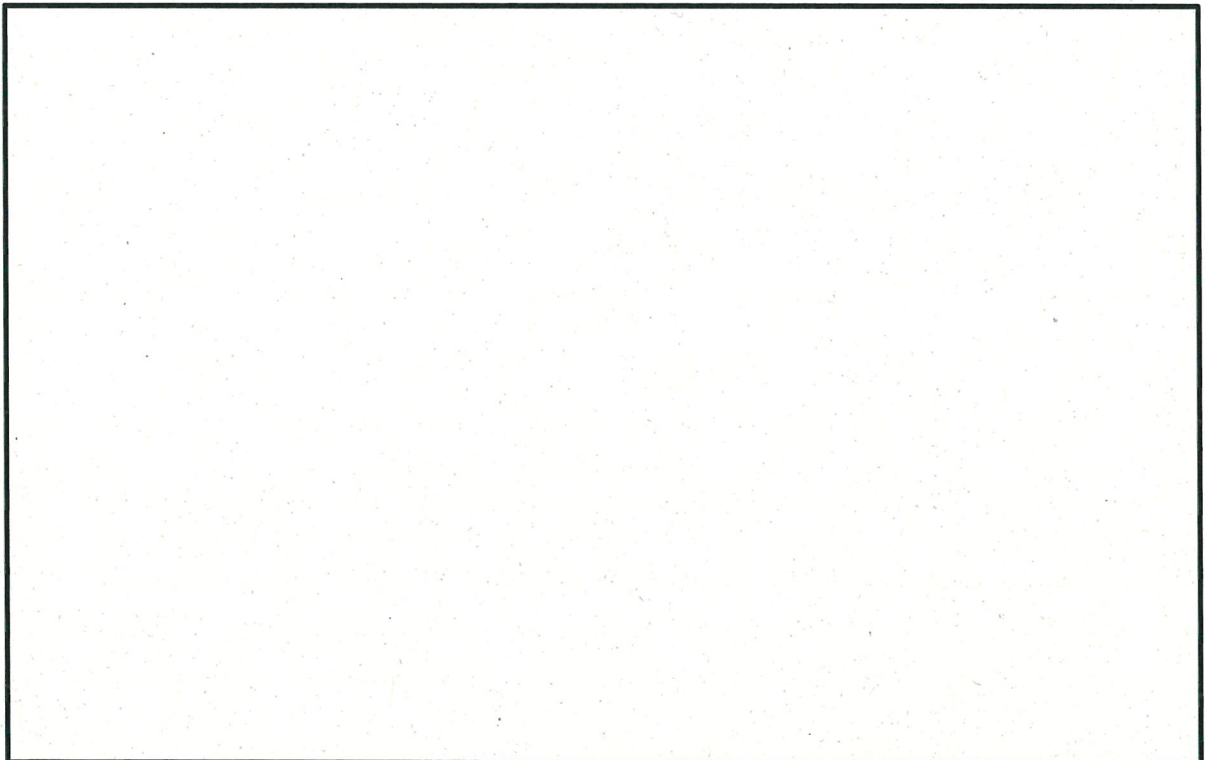
応力解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、資料17 別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 使用要素

解析モデルに使用するFEM要素は、天井、床、壁及び基礎について面材として扱いシェル要素とする。



第3.6-8図 建屋全体モデル



第3.6-9図 建屋全体モデル（基礎及び壁（地下部）の鳥瞰図）

c. 境界条件

応力の算定に用いる基礎底面地盤の鉛直及び水平ばねは、以下の方法で求まる地盤反力係数に各ばねの水平投影面積による支配面積を乗じて設定する。また、浮上りを生じている部分の基礎下端の地盤反力はないものとして解析を行う。

$$\text{鉛直方向地盤反力係数} \quad k_V = {}_D K_R / J \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$\text{水平方向地盤反力係数} \quad k_S = {}_D K_S / A \quad (\text{kN/m}^3)$$

ここで、

${}_D K_R$ 、 ${}_D K_S$: JEAG4601-1991に基づき、振動アドミッタンス理論により、地盤の動的物性値を用いて評価した回転ばね定数及び水平ばね定数

J : 基礎底面の断面2次モーメント (m⁴)

A : 基礎底面の面積 (m²)

${}_D K_R$ 、 ${}_D K_S$ の値は、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」において設定している値を用いる。地盤ばね定数の算出に用いる地盤の動的物性値を第3.6-7表に、算出した基礎底面の地盤ばね定数を第3.6-8表に示す。

第3.6-7表 地盤の動的物性値 (S_s地震時)

地層 EL (m)	地盤のせん断波速度 V _s (m/s)	単位体積 重量 (kN/m ³)	ポアソン比
22.1 ~ 7.99	2,300	29.4	0.34
7.99 ~ -200.00	2,700	29.4	0.34

第3.6-8表 地盤ばね定数 (S_s地震時)

水平ばね	${}_D K_S$	ばね定数 (kN/m)	
		EW 方向	NS 方向
		1.749 × 10 ⁹	1.778 × 10 ⁹
回転ばね	${}_D K_R$	ばね定数 (kN · m/rad)	
		EW 方向	NS 方向
		7.899 × 10 ¹¹	5.972 × 10 ¹¹

(2) 解析諸元

基礎及び壁（地下部）について、RC-N規準に基づくコンクリート及び鉄筋の物性値を第3.6-9表に示す。

第3.6-9表 (1/2) コンクリートの物性値

設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
30.0	2.44×10^4	0.2

第3.6-9表 (2/2) 鉄筋の物性値

鉄筋種類	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	2.05×10^5

3.6.6 評価方法

(1) 応力解析方法

基礎及び壁（地下部）について、Ss地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を行う。

a. 荷重ケース

Ss地震時の応力は、組合せるべき荷重を全て同時に作用させて応力解析を行う。

単独荷重の記号を以下に示す。

GP	:	固定・積載荷重
H ₀	:	静水压荷重
E ₀	:	常時土圧荷重
K _{SEW} [※]	:	Ss地震時 E→W方向 地震力
K _{SNS} [※]	:	Ss地震時 N→S方向 地震力
K _{SDU} [※]	:	Ss地震時 鉛直方向 地震力
H _{SEW}	:	Ss地震時 E→W方向 水平地震力による動水压荷重
H _{WE}	:	Ss地震時 W→E方向 水平地震力による動水压荷重
H _{SNS}	:	Ss地震時 N→S方向 水平地震力による動水压荷重
H _{SN}	:	Ss地震時 S→N方向 水平地震力による動水压荷重
H _{SDU} [※]	:	Ss地震時 鉛直方向 鉛直地震力による動水压荷重
E _{SEW}	:	Ss地震時 EW方向 地震時増分土圧荷重
E _{SNS}	:	Ss地震時 NS方向 地震時増分土圧荷重

※：加力方向により絶対値の差異はないため、計算上の座標軸を基本として、E→W方向、N→S方向及び鉛直上向きを「+」、W→E方向、S→N方向及び鉛直下向きを「-」とする。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースは、米国 Regulatory Guidel. 92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、組合せ係数法（1.0 : 0.4 : 0.4）に基づいて評価する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第3.6-10表に示す。また、参考として、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる荷重の組合せケースを第3.6-11表に示す。

第 3.6-10 表 荷重の組合せケース (水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

組合せ 係数	加力方向			ケース No.	荷重の組合せケース
	EW	NS	鉛直		
EW1.0 NS0.4 鉛直0.4	E→W	N→S	下	2-1	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
			上	2-2	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	下		2-3	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$	
	上		2-4	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$	
	E→W	S→N	下	2-5	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SNS}+0.4H_{SSN}+0.4E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
			上	2-6	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SNS}+0.4H_{SSN}+0.4E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	下		2-7	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SNS}+0.4H_{SSN}+0.4E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$	
	上		2-8	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SNS}+0.4H_{SSN}+0.4E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$	
EW0.4 NS1.0 鉛直0.4	E→W	N→S	下	2-9	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
			上	2-10	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	下		2-11	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$	
	上		2-12	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$	
	E→W	S→N	下	2-13	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SNS}+1.0H_{SSN}+1.0E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
			上	2-14	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SNS}+1.0H_{SSN}+1.0E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	下		2-15	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SNS}+1.0H_{SSN}+1.0E_{SNS}$ $-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$	
	上		2-16	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SNS}+1.0H_{SSN}+1.0E_{SNS}$ $+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$	

第 3.6-11 表 荷重の組合せケース (水平 1 方向及び鉛直方向地震力の組合せ)

組合せ 係数	加力方向		ケース No.	荷重の組合せケース
	水平	鉛直		
水平1.0 鉛直0.4	E→W	下	1	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
	W→E		2	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
	E→W	上	3	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	W→E		4	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SEW}+1.0H_{SEW}+1.0E_{SEW}+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	N→S	下	5	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
	S→N		6	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}-0.4K_{SDU}-0.4H_{SDU}$
	N→S	上	7	$GP+H_0+E_0+1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
	S→N		8	$GP+H_0+E_0-1.0K_{SNS}+1.0H_{SNS}+1.0E_{SNS}+0.4K_{SDU}+0.4H_{SDU}$
水平0.4 鉛直1.0	E→W	下	9	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SDU}-1.0H_{SDU}$
	W→E		10	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}-1.0K_{SDU}-1.0H_{SDU}$
	E→W	上	11	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SDU}+1.0H_{SDU}$
	W→E		12	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SEW}+0.4H_{SEW}+0.4E_{SEW}+1.0K_{SDU}+1.0H_{SDU}$
	N→S	下	13	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}-1.0K_{SDU}-1.0H_{SDU}$
	S→N		14	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}-1.0K_{SDU}-1.0H_{SDU}$
	N→S	上	15	$GP+H_0+E_0+0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}+1.0K_{SDU}+1.0H_{SDU}$
	S→N		16	$GP+H_0+E_0-0.4K_{SNS}+0.4H_{SNS}+0.4E_{SNS}+1.0K_{SDU}+1.0H_{SDU}$

c. 荷重の入力方法

(a) 固定荷重及び積載荷重

応力解析モデルの各節点における支配領域の固定・積載荷重に応じた節点力として入力する。なお、節点力は地震応答解析モデルの各質点位置に対応した各節点に入力する。

(b) 静水圧荷重

第3.6図に示す静水圧荷重を面荷重として入力する。

(c) 常時土圧荷重

第4-3図に示す常時土圧荷重を面荷重として入力する。

(d) 地震荷重

イ. 水平及び鉛直地震力

水平地震力は、地震応答解析結果における動的地震力のうち、各部材のせん断力及び曲げモーメントをそれぞれ包絡し設定する。せん断力は水平力に置換し応力解析モデル上の各節点における支配領域に応じた節点力として入力し、曲げモーメントは鉛直力に置換し各節点における支配領域に応じた節点力として入力する。

鉛直地震力は、地震応答解析結果における動的地震力のうち、各部材の軸力を包絡し設定する。軸力は鉛直力に置換し応力解析モデル上の各節点における支配領域に応じた節点力として入力する。

なお、節点力は地震応答解析モデルの各質点位置に対応した各節点に入力する。また、水平及び鉛直地震力は、第3.6-1表に示す材料物性の不確かさ等を考慮した各ケースにおける S_s-1 、 S_s-2 及び S_s-3 の最大値を包絡して用いる。

S_s 地震時において応力解析モデルに入力する地震力を第3.6-12表～第3.6-14表に示す。

第3.6-12表 (1/2) 水平地震力 せん断力 EW方向 (Ss地震時)

($\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答せん断力				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1}\sigma$ ※	$V_{s-1}\sigma$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	51.5	52.3	50.4	55.4	55.4
	2	41.0 ~ 32.7	115.4	117.3	113.2	123.2	123.3
	3	32.7 ~ 24.6	97.3	94.3	100.7	96.9	100.7
基礎底面	—	22.1	194.7	195.3	194.4	195.1	195.4

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第3.6-12表 (2/2) 水平地震力 せん断力 NS方向 (Ss地震時)

($\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答せん断力				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1}\sigma$ ※	$V_{s-1}\sigma$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	36.3	36.6	35.8	38.1	38.2
	2	41.0 ~ 32.7	80.0	81.0	79.0	88.5	88.5
	3	32.7 ~ 24.6	90.8	87.3	94.6	92.2	94.7
基礎底面	—	22.1	179.0	179.3	178.9	180.6	180.6

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第3.6-13表 (1/2) 水平地震力 曲げモーメント EW方向 (Ss地震時)

($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答曲げモーメント				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1}\sigma$ ※	$V_{s-1}\sigma$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1U	47.4 ~ 41.0	10.1	10.4	9.9	11.0	11.0
	1D	47.4 ~ 41.0	42.2	42.8	41.5	45.6	45.7
	2U	41.0 ~ 32.7	55.4	56.1	54.7	60.1	60.1
	2D	41.0 ~ 32.7	150.8	153.0	148.2	162.1	162.1
	3U	32.7 ~ 24.6	168.8	170.8	166.3	181.6	181.6
	3D	32.7 ~ 24.6	233.7	233.7	233.6	248.8	248.9
基礎底面	—	22.1	262.2	261.8	262.5	277.9	277.9

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第3.6-13表 (2/2) 水平地震力 曲げモーメント NS方向 (Ss地震時)

($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答曲げモーメント				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1}\sigma$ ※	$V_{s-1}\sigma$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1U	47.4 ~ 41.0	9.4	9.5	9.4	10.8	10.8
	1D	47.4 ~ 41.0	30.0	30.3	29.6	32.6	32.7
	2U	41.0 ~ 32.7	39.4	40.0	38.9	44.1	44.2
	2D	41.0 ~ 32.7	100.1	101.0	99.1	105.2	105.3
	3U	32.7 ~ 24.6	109.1	109.9	108.1	115.1	115.1
	3D	32.7 ~ 24.6	150.1	149.5	154.1	163.5	163.5
基礎底面	—	22.1	189.7	184.9	195.1	191.3	195.1

(注) 部材番号におけるUは部材上端位置、Dは下端位置を示す。

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第3.6-14表 (1/2) 鉛直地震力 軸力 EW断面 (Ss地震時)

($\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答軸力				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1\sigma}$ ※	$V_{s-1\sigma}$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	28.3	28.6	27.9	29.7	29.8
	2	41.0 ~ 32.7	75.3	75.8	74.6	79.0	79.1
	3	32.7 ~ 24.6	136.0	136.6	135.5	139.8	139.8
基礎底面	—	22.1	237.5	237.7	237.6	242.1	242.1

※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

第3.6-14表 (2/2) 鉛直地震力 軸力 NS断面 (Ss地震時)

($\times 10^3$ kN)

部位	部材 番号	EL. (m)	最大応答軸力				設計用 地震力
			基本※	$V_{s+1\sigma}$ ※	$V_{s-1\sigma}$ ※	減衰3%※	
上部 構造物	1	47.4 ~ 41.0	25.1	25.3	24.8	26.0	26.1
	2	41.0 ~ 32.7	68.8	69.6	68.0	72.3	72.3
	3	32.7 ~ 24.6	123.6	124.4	122.6	128.5	128.5
基礎底面	—	22.1	208.6	207.3	210.1	208.9	210.2

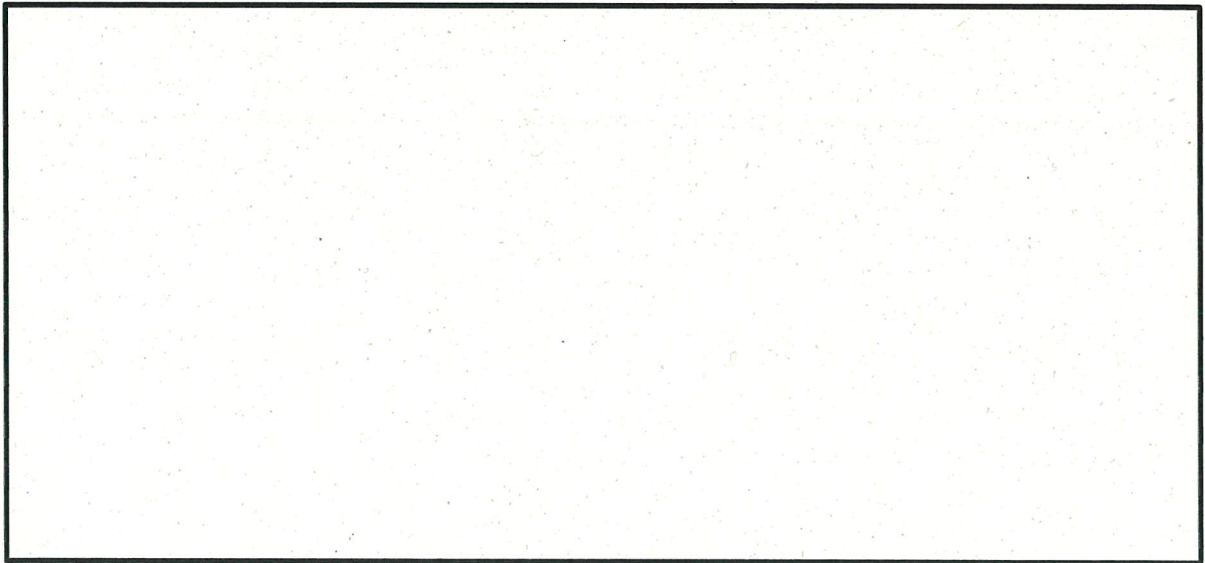
※ : Ss-1、Ss-2及びSs-3の最大値。

ロ. 動水圧荷重

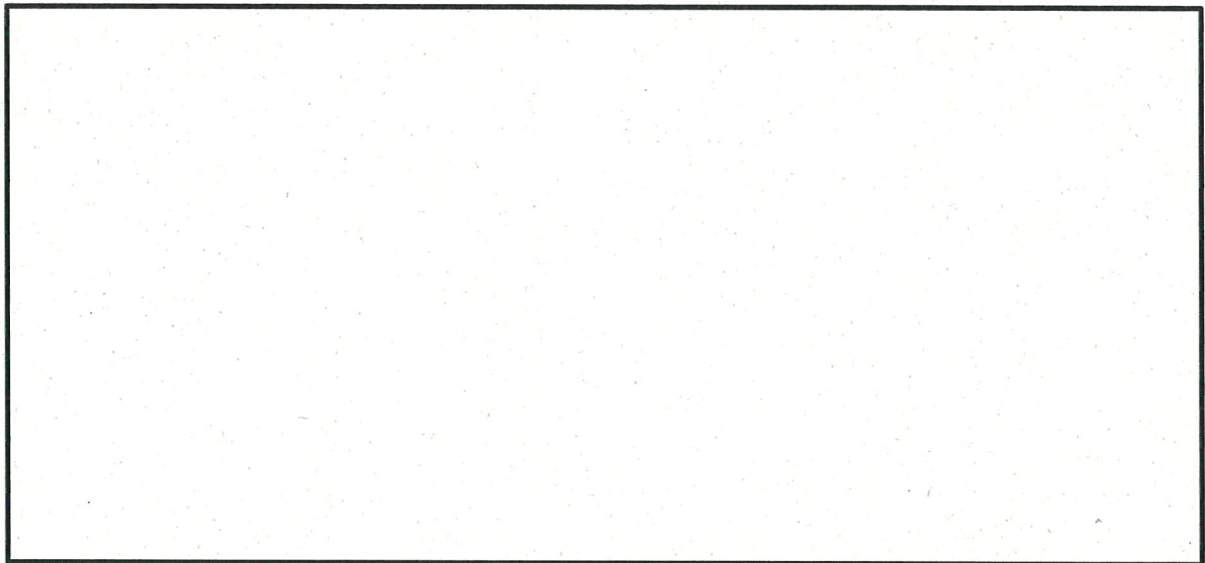
水平地震力による動水圧荷重は、地震応答解析結果における質点3 (EL. 32.7m) の加速度応答の包絡値をもとに、JEAG4601-1987におけるHousner理論により算出し、各要素に面荷重として入力する。

鉛直地震力による動水圧荷重は、地震応答解析結果における質点3 (EL. 32.7m) の加速度応答の包絡値をもとに鉛直震度を算定し、静水圧荷重に乘じ面荷重として入力する。

水平地震力による動水圧荷重を第3.6-10図に、鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度を第3.6-15表に示す。

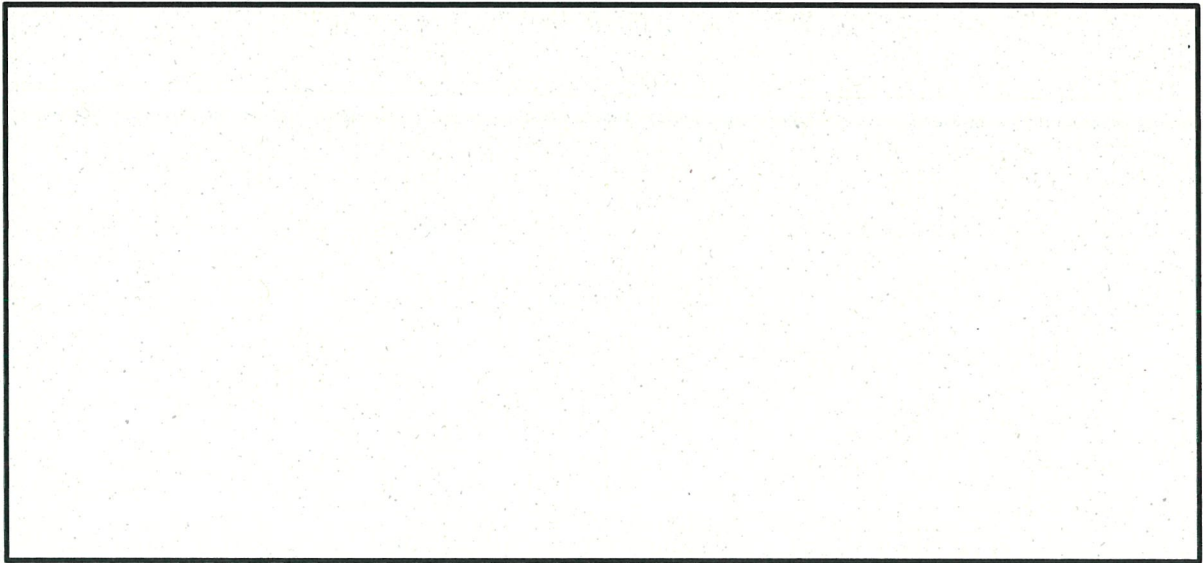


(a) 荷重A

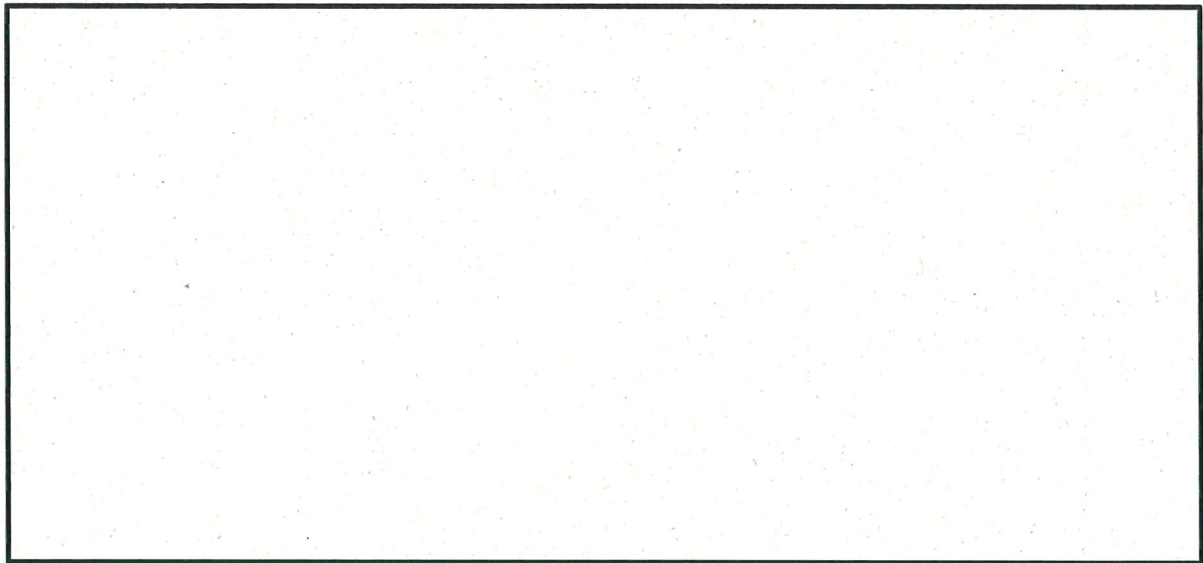


(b) 荷重B

第3.6-10図 (1/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (EW方向)

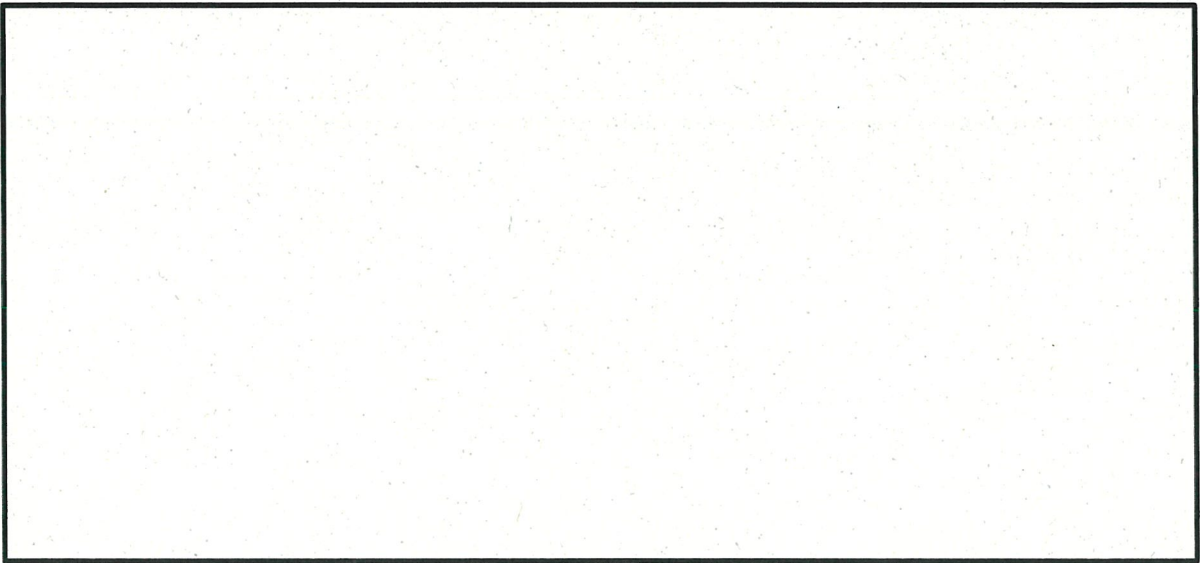


(c) 荷重C

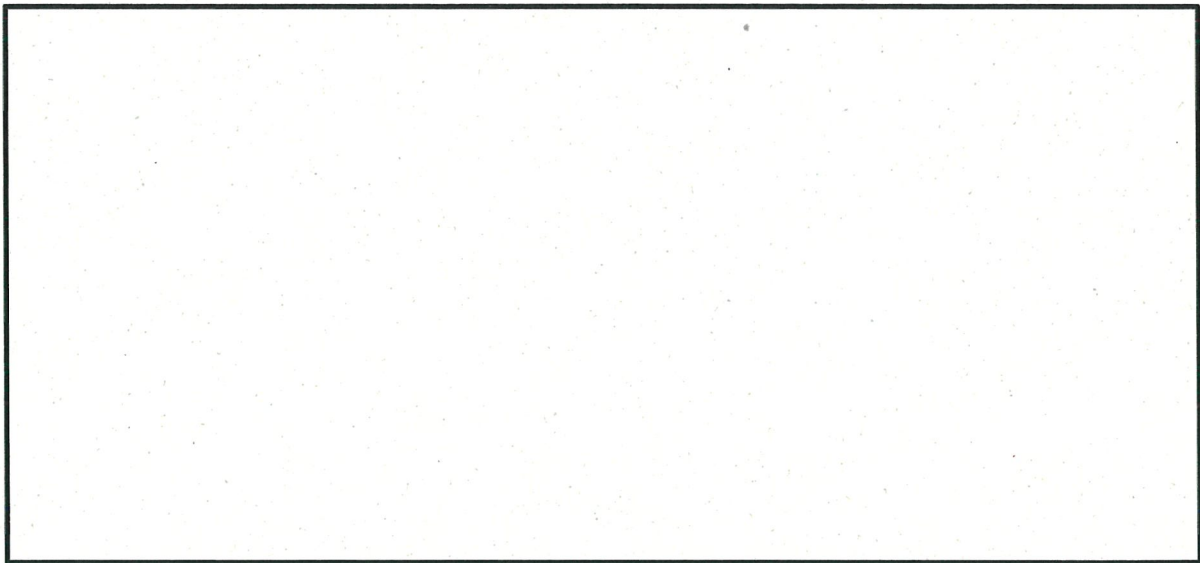


(d) 荷重D

第3.6-10図 (2/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (EW方向)

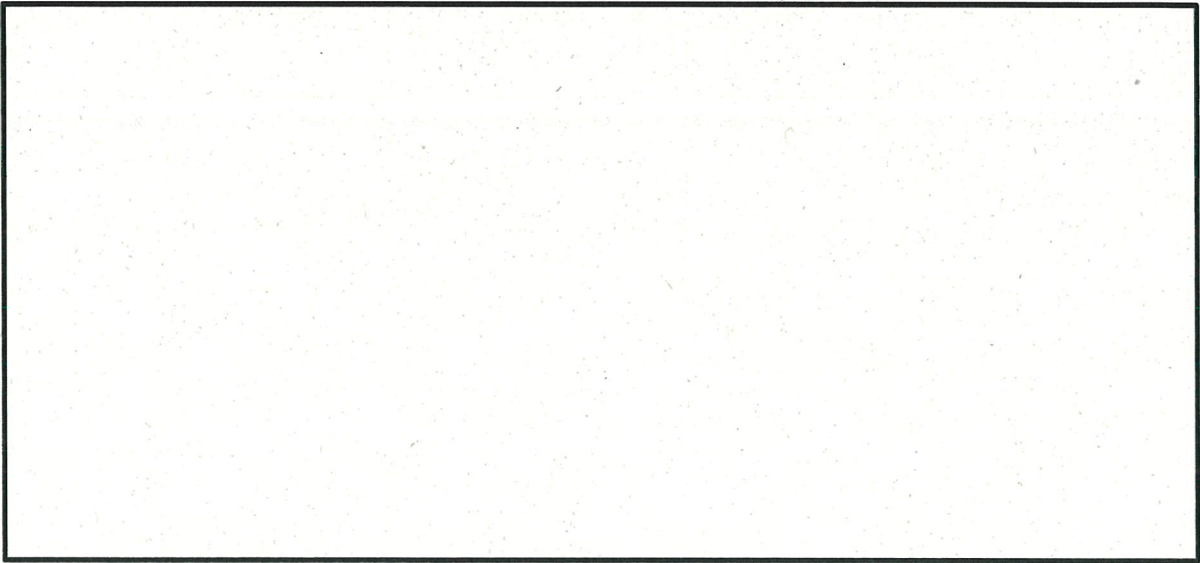


(e) 荷重E

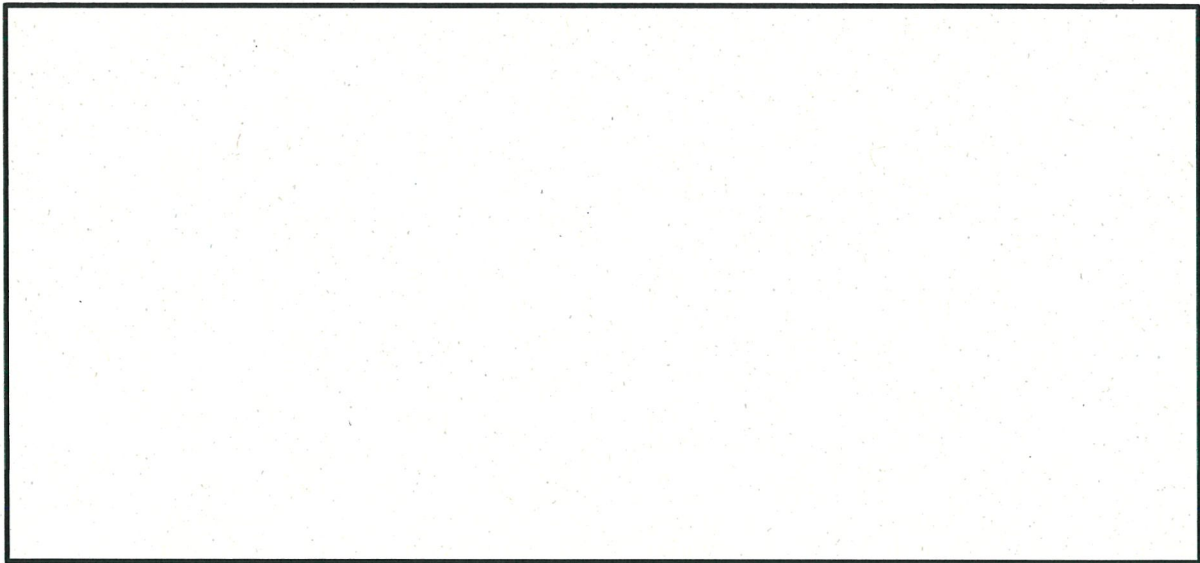


(f) 荷重F

第3.6-10図 (3/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)



(g) 荷重G



(h) 荷重H

第3.6-10図 (4/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)



(i) 荷重I

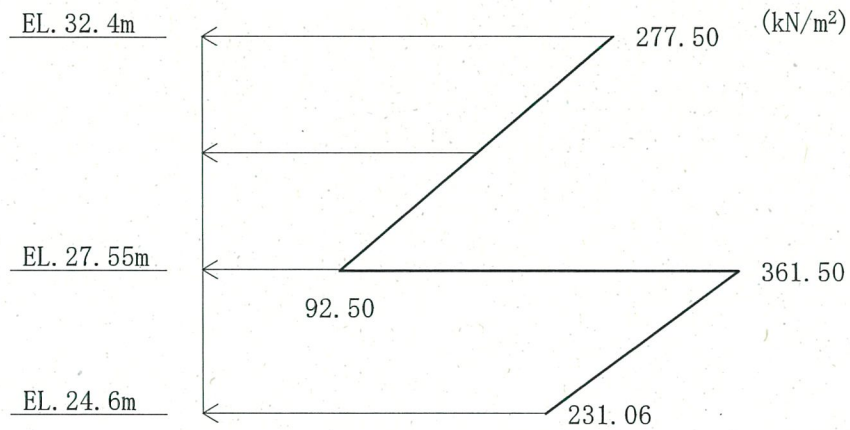
第3.6-10図 (5/5) Ss地震時 水平地震力による動水圧荷重 (NS方向)

第3.6-15表 Ss地震時 鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度

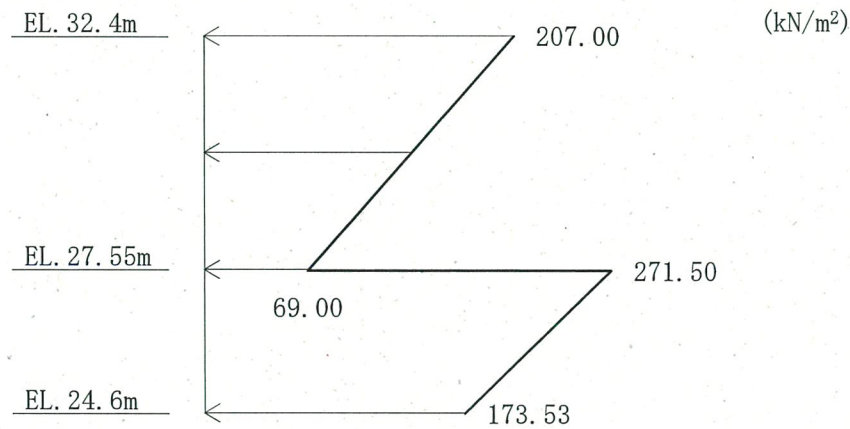
	鉛直震度 (動的)
鉛直地震力による動水圧荷重の算定に用いる震度	0.70

ハ. 地震時増分土圧荷重

地震時増分土圧荷重は、JEAG4601-1991に基づき算出し、各要素に面荷重として入力する。地震時増分土圧荷重を第3.6-11図に示す。



(a) EW方向



(b) NS方向

第3.6-11図 地震時増分土圧荷重 (Ss地震時)

(2) 断面の評価方法

断面の評価には、解析コード「FEDM」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、資料17 別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 軸力、曲げモーメント及び面内せん断力

Ss地震時に対する評価において、RC-N規準に基づき、評価対象部位に生じる軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が、配筋量を超えないことを確認する。この際、軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱（コンクリートに対する鉄筋のヤング係数比は13とする）として評価する。また、評価対象部位に生じる面内せん断力は、鉄筋で全て負担するものとする。

$$\frac{a_t + a_s/2}{a} \leq 1$$

ここで、

a_t : 軸力及び曲げモーメントによる必要鉄筋量 (mm²)

a_s : 面内せん断力による必要鉄筋量 (mm²)

$$a_s = \frac{Q}{f_t}$$

Q : 面内せん断力 (N)

f_t : 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度 (N/mm²)

a : 片側配筋量 (mm²)

b. 面外せん断応力度

Ss地震時に対する評価において、RC-N規準に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力度が、許容面外せん断応力度を超えないことを確認する。

$$\frac{\tau}{\tau_A} \leq 1$$

ここで、

τ : 面外せん断応力度 (N/mm²)

τ_A : 許容面外せん断応力度 (N/mm²)

$$\tau_A = \frac{Q_A}{A}$$

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

b : 断面の幅 (mm)

j : 応力中心間距離 (= (7/8) d) (mm)

d : 有効せい (mm)

α : せん断スパン比による割増係数

なお、引張軸応力度が2N/mm²を超える場合は考慮しない ($\alpha = 1$ とする)

$$\alpha = \frac{4}{\frac{M}{Qd} + 1} \quad \text{かつ} \quad 1 \leq \alpha \leq 2$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : 面外せん断力 (N)

f_s : コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm²)

A : 断面積 (= b · j) (mm²)

3.6.7 断面の評価結果

Ss地震時における断面の評価結果は、基礎及び壁（地下部）について、評価項目・方向ごとに、配筋量に対する必要鉄筋量の比率又は許容値に対する発生値の比率が最大となる要素を選定し示す。

断面の評価における各要素の配筋について、分類領域ごとの配筋一覧を第3.6-16表に、配筋の分類領域図を第3.6-12図に示す。また、断面の評価における応力の方向を第3.6-13図に示す。

Ss地震時における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果を第3.6-17表に、評価結果の位置を第3.6-14図に示す。また、比較用として水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果も併せて示している。

評価の結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が配筋量を超えないこと並びに面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。

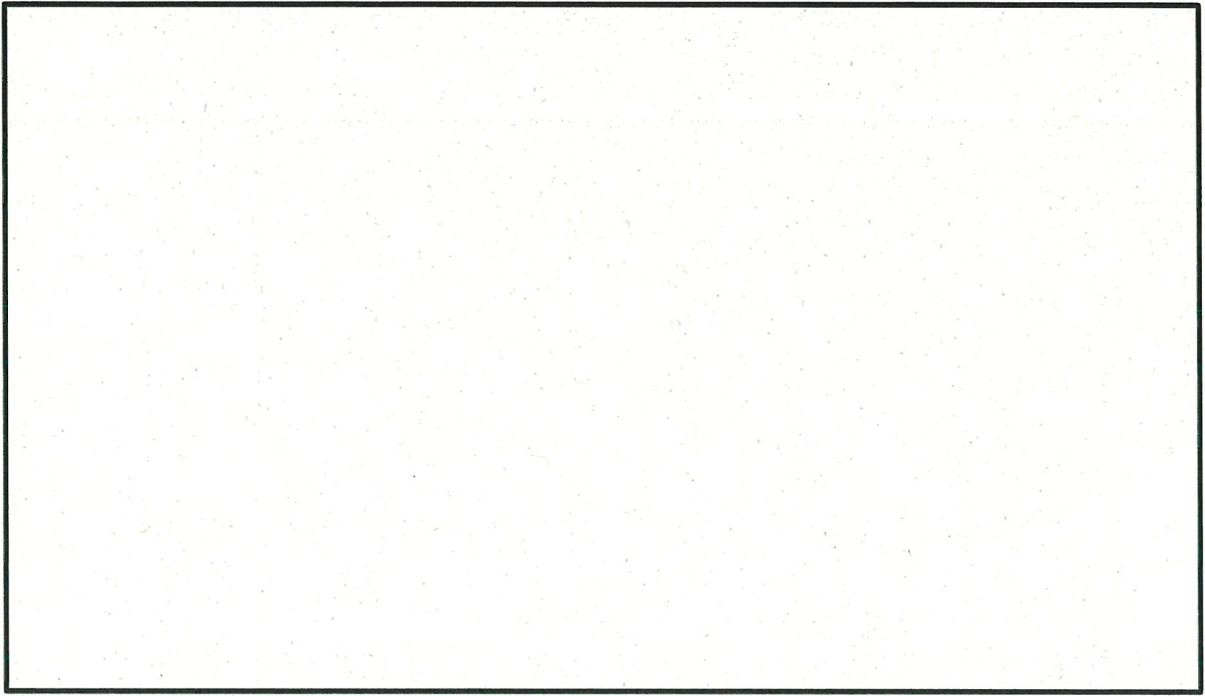
水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果と水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する断面の評価結果とを比較すると、基礎の検定値の最大値は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて0.46（領域FS1、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力）であり、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて0.44（領域FS1、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力）である。また、壁の検定値の最大値は、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて0.65（領域W8、面外せん断応力度）であり、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せにおいて0.65（領域W8、面外せん断応力度）となり、検定値は同等又は増加傾向であることを確認した。

第3.6-16表 (1/2) 分類領域ごとの配筋一覧 (基礎)

領域		方向	上端筋	断面積 (mm ² /m)	下端筋	断面積 (mm ² /m)	厚さ (mm)
FS1	A	EW	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	2,000
		NS	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	
FS2	B	EW	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	2,500
		NS	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	
	C	EW	D38@200 3段	17,100	D38@200 3段	17,100	2,500
		NS	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 D38@400 1段	14,250	
	D	EW	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	2,500
		NS	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 D38@400 1段	8,550	
	E	EW	D38@200 2段	11,400	D38@200 2段	11,400	2,500
		NS	D38@200 2段	11,400	D38@200 2段	11,400	

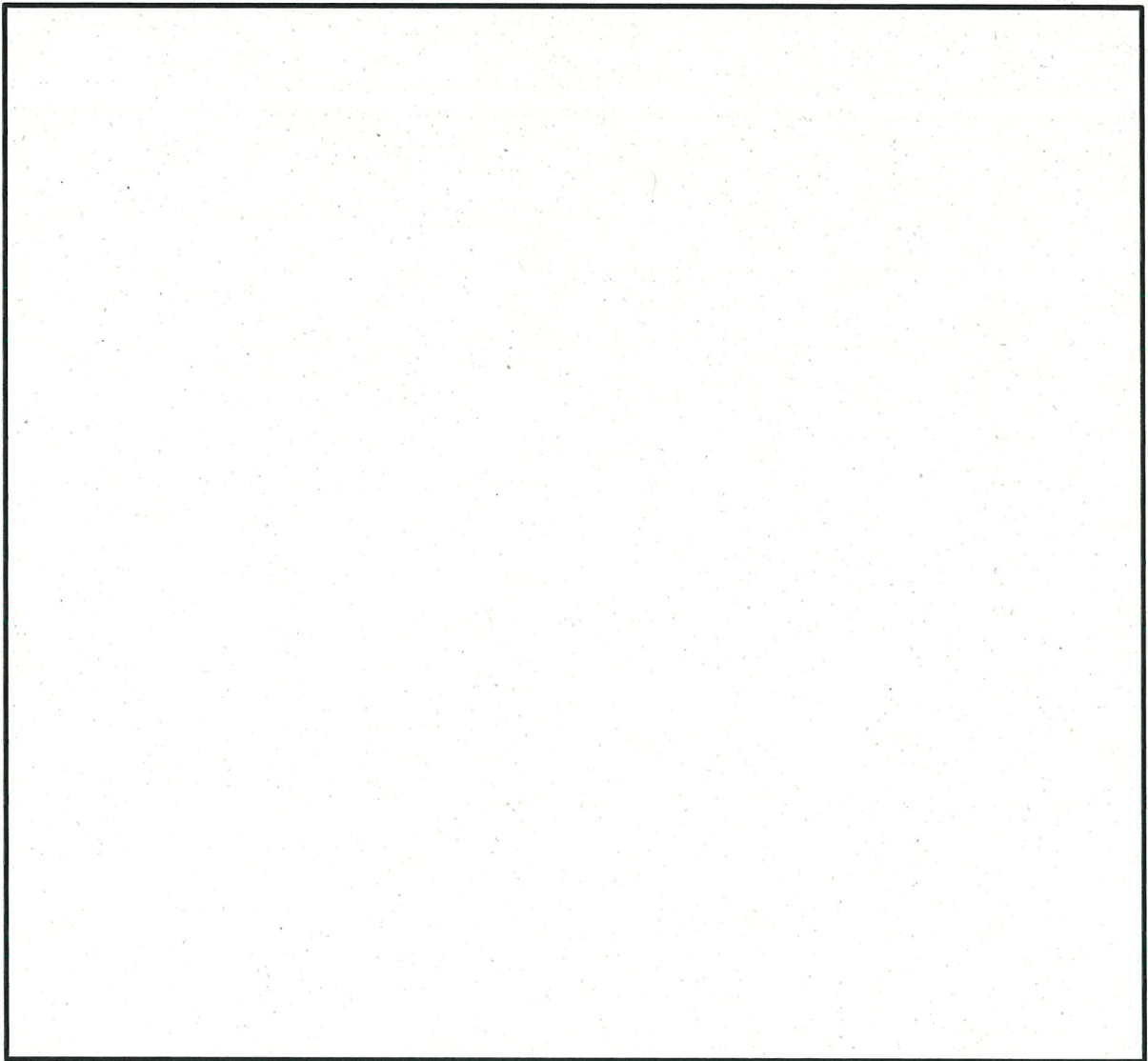
第3.6-16表 (2/2) 分類領域ごとの配筋一覧 (壁 (地下部))

領域		縦筋	断面積 (mm ² /m)	横筋	断面積 (mm ² /m)	厚さ (mm)
W1	F	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W2	G	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W3	H	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W4	I	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	700
W5	J	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	800
W6	K	D38@200 1段 ダブル D38@400 1段	8,550	D38@200 1段 ダブル D38@400 1段	8,550	1,500
	L	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	1,700
W7	M	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,000
W8	N	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,000
W9	O	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W10	P	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
	Q	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,000
W11	R	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W12	S	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,000
W13	T	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	1,600
W14	U	D38@200 2段 ダブル	11,400	D38@200 2段 ダブル	11,400	2,000
	V	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	D38@200 2段 ダブル D38@400 1段	14,250	2,000
W15	W	D38@200 1段 ダブル	5,700	D38@200 1段 ダブル	5,700	1,800



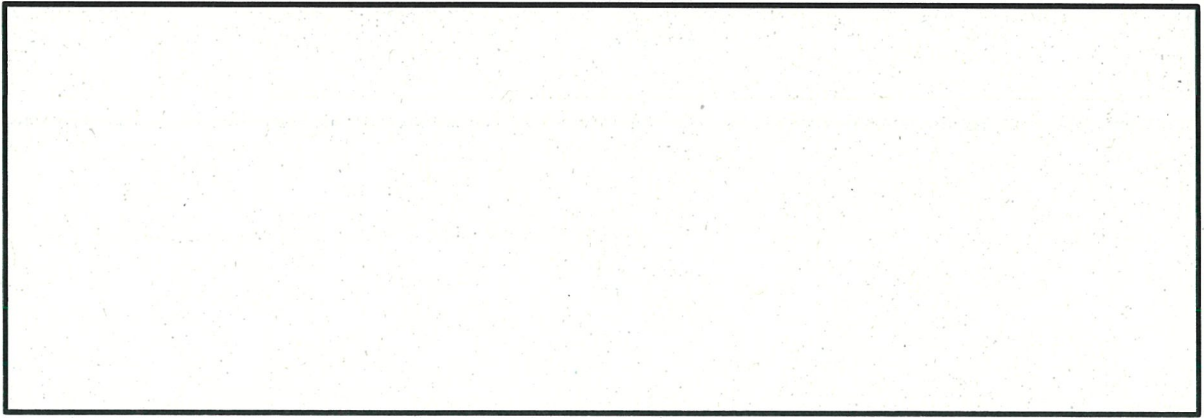
(a) FS1

第3.6-12図 (1/7) 配筋の分類領域図 (基礎 EL. 32.7m)

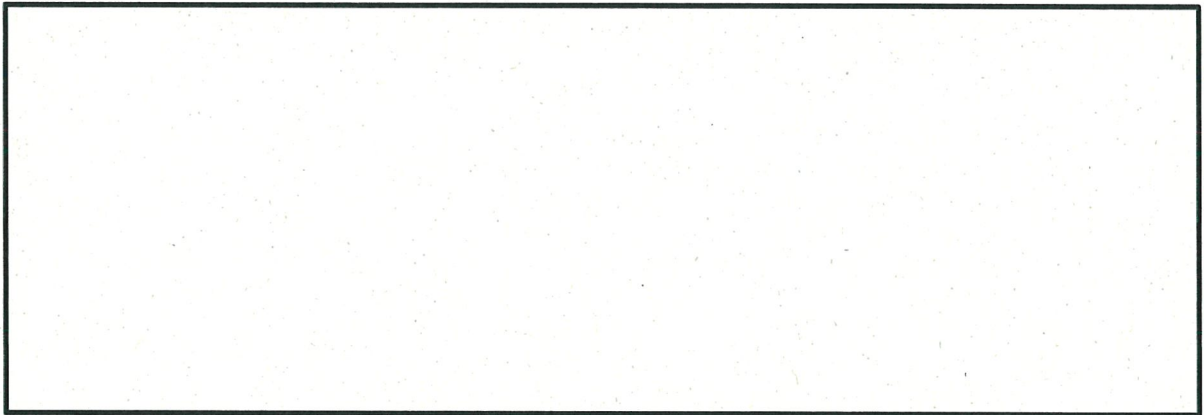


(b) FS2

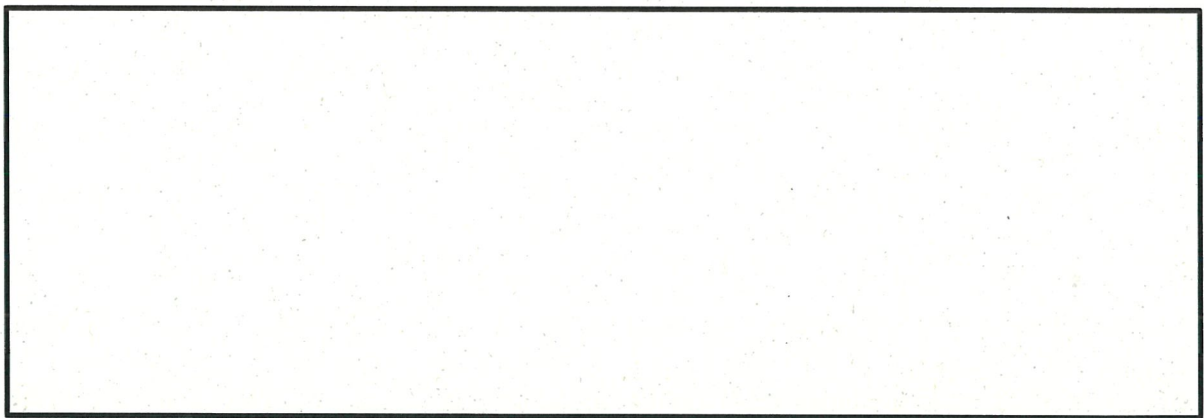
第3.6-12図 (2/7) 配筋の分類領域図 (基礎 EL. 24.6m)



(c) W1

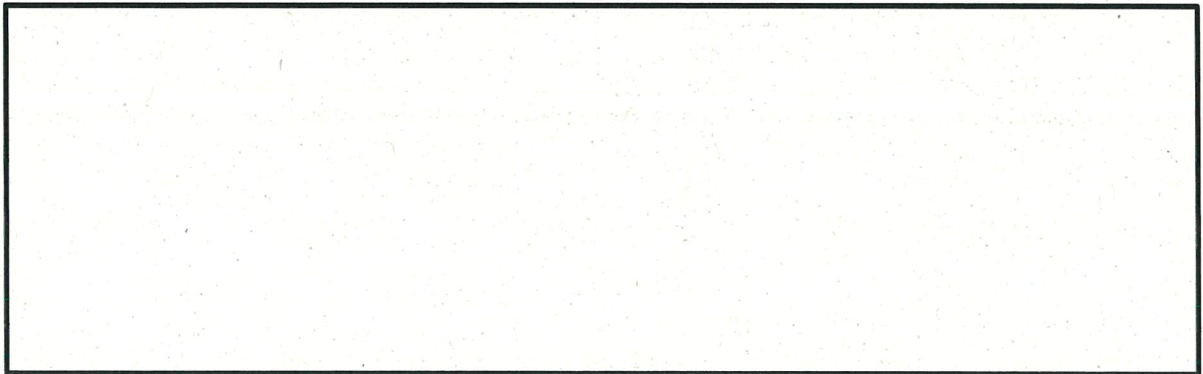


(d) W2

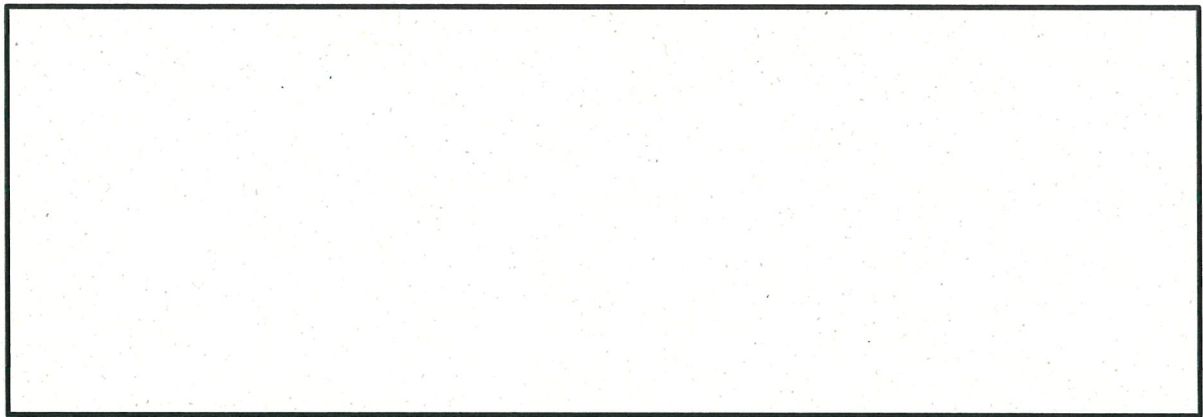


(e) W3

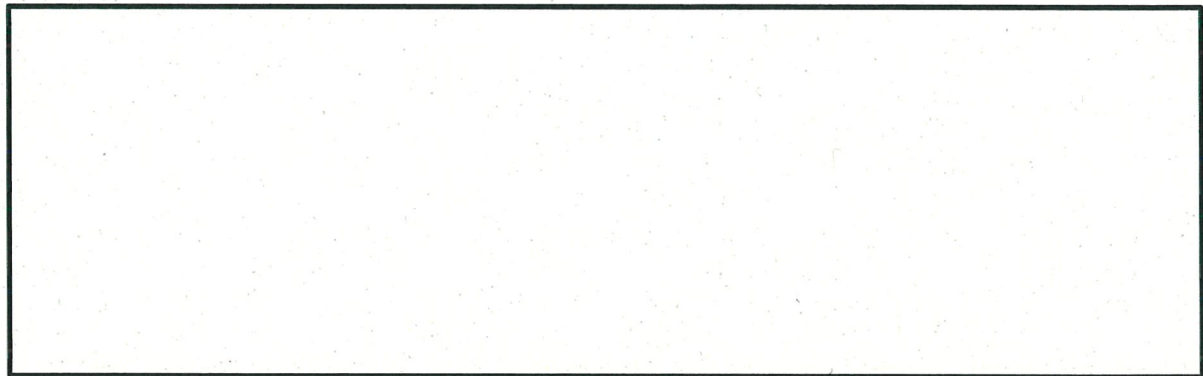
第3.6-12図 (3/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(f) W4

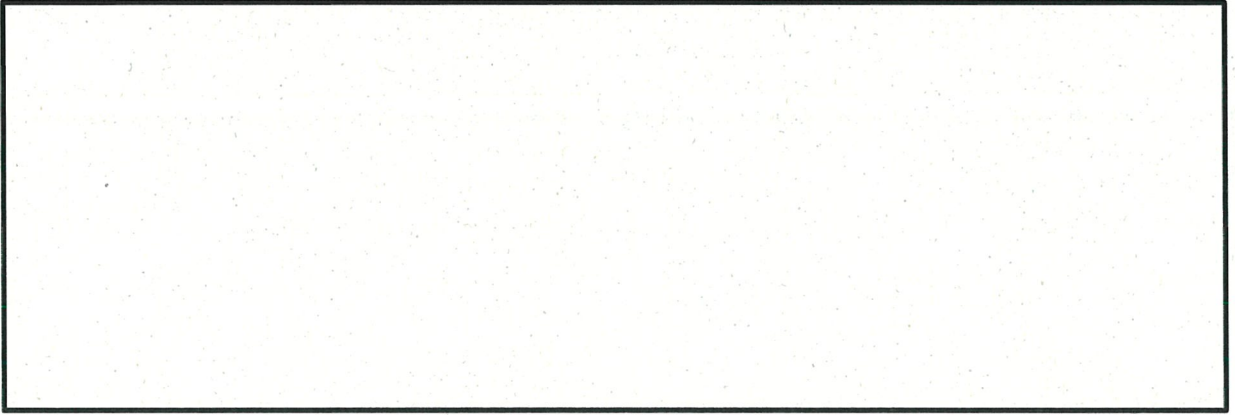


(g) W5

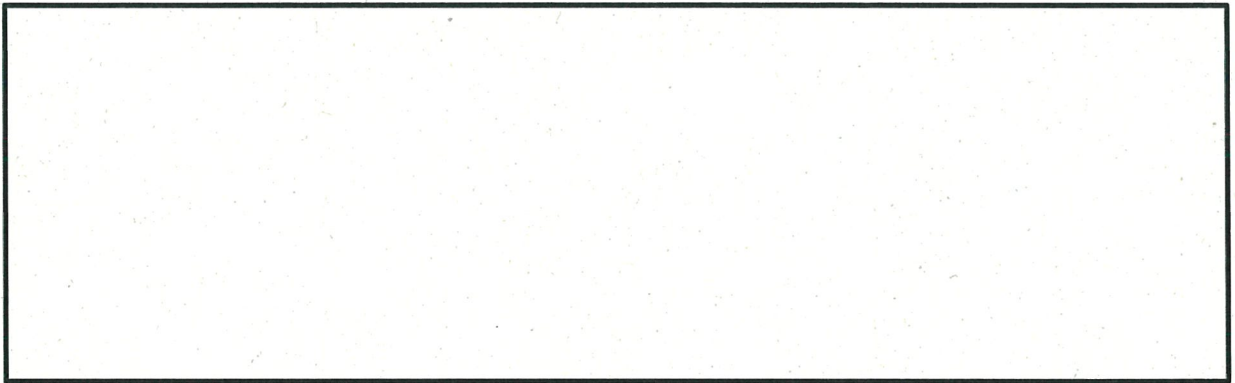


(h) W6

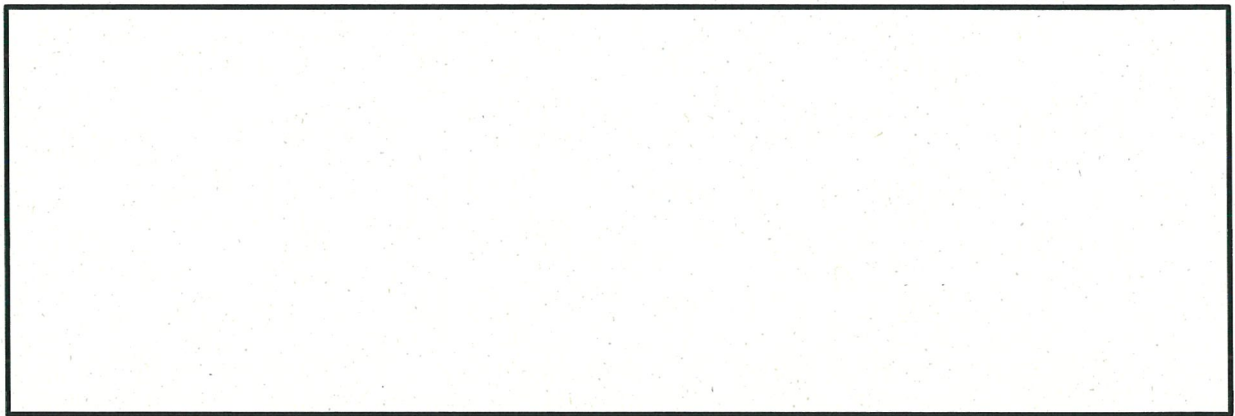
第3.6-12図 (4/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(i) W7

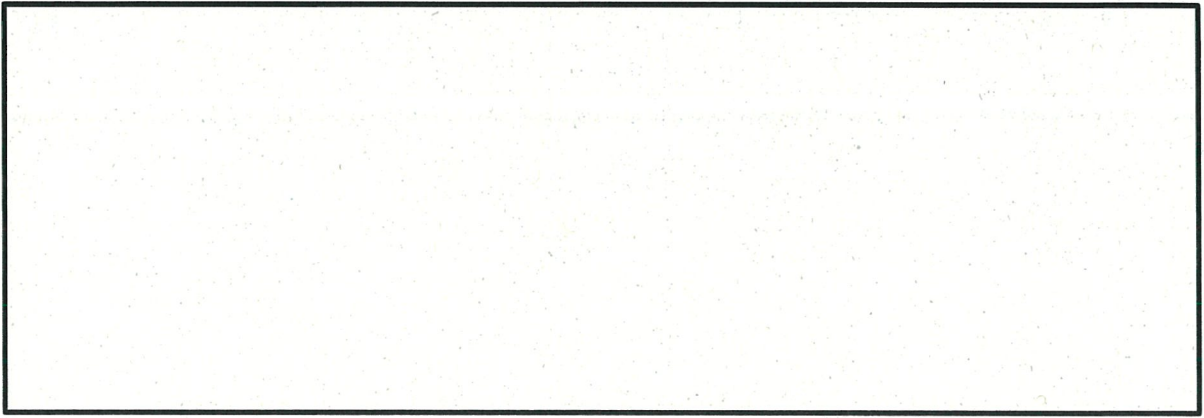


(j) W8

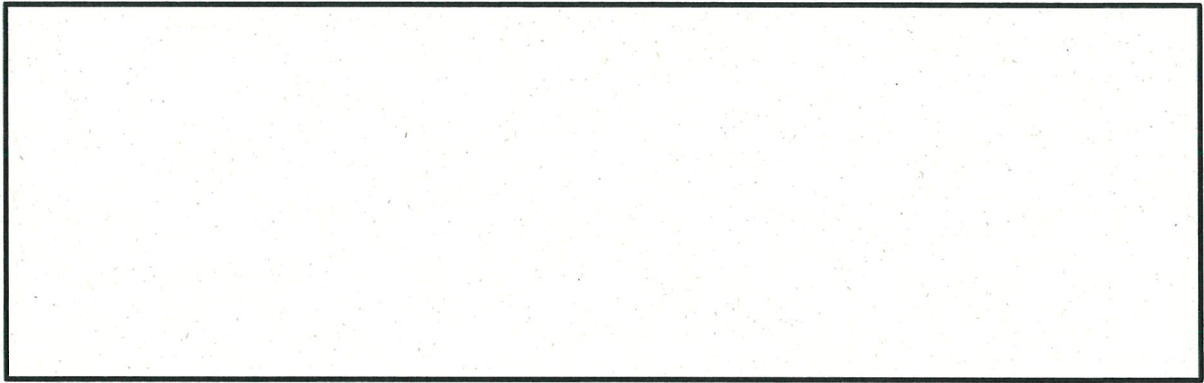


(k) W9

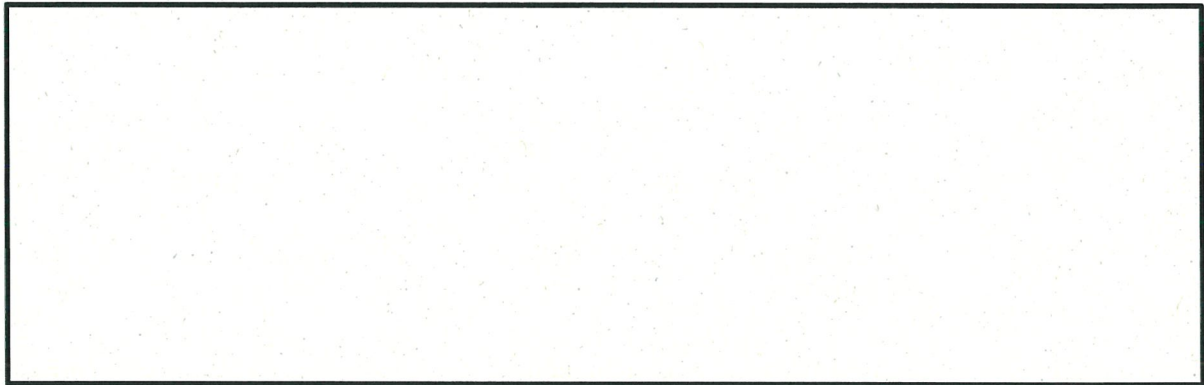
第3.6-12図 (5/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(1) W10

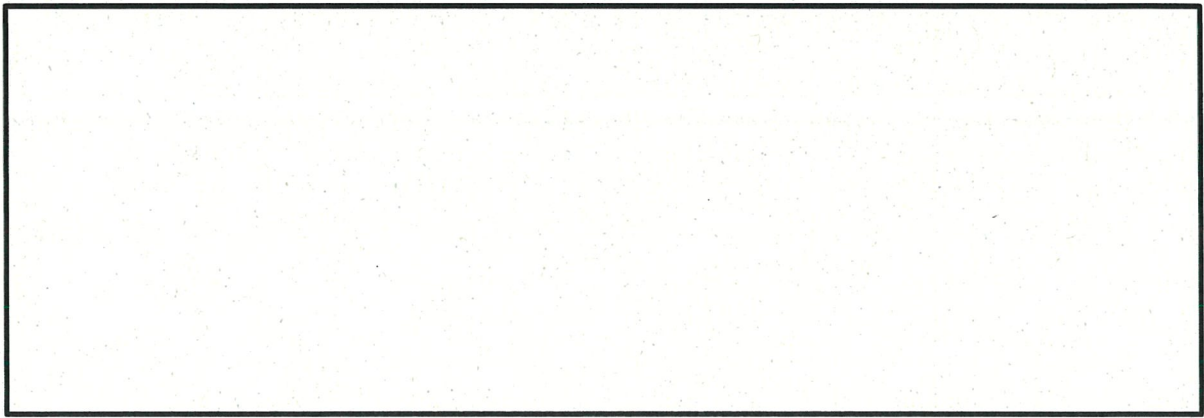


(m) W11

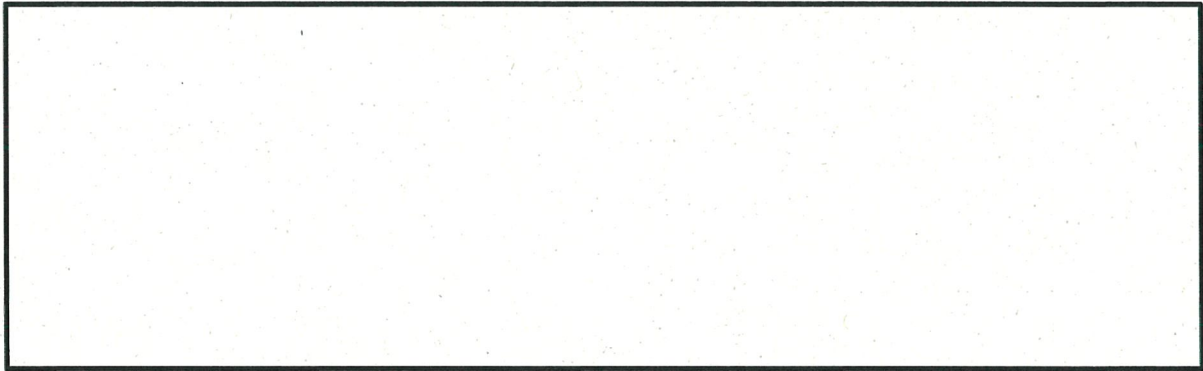


(n) W12

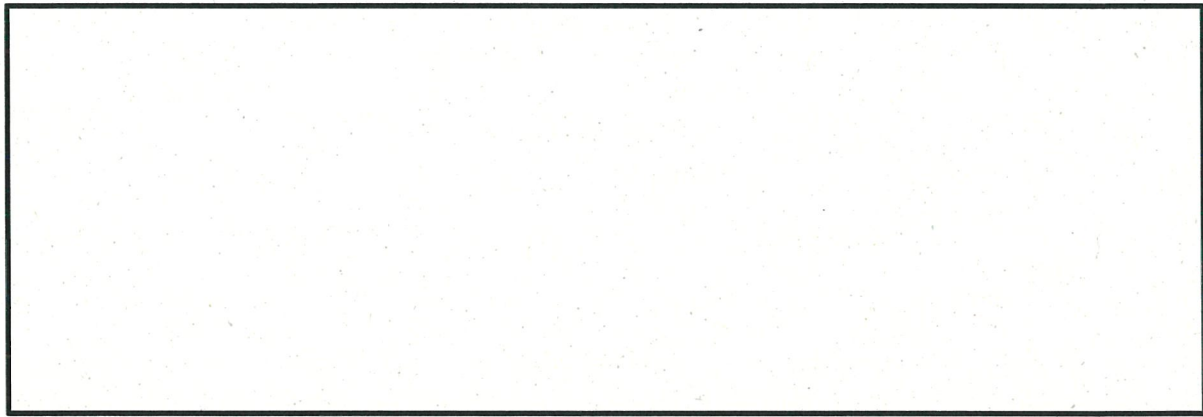
第3.6-12図 (6/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



(o) W13

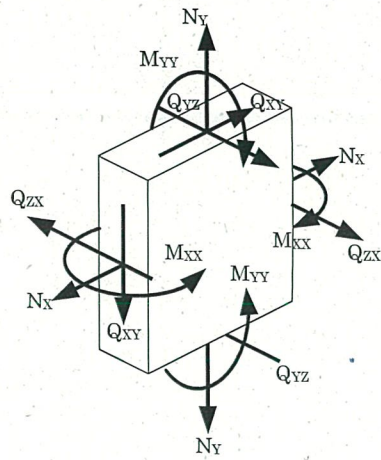


(p) W14



(q) W15

第3.6-12図 (7/7) 配筋の分類領域図 (壁 (地下部))



[記号の説明]

軸力	: N_x, N_y
曲げモーメント	: M_{xx}, M_{yy}
面内せん断力	: Q_{xy}
面外せん断力	: Q_{zx}, Q_{yz}

第3.6-13図 応力の方向

第3.6-17表 (1/2) 評価結果 (Ss地震時)

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	① 解析結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm^2/m)	EW	1201	2-12	3,872	8,550	0.46	可
		NS	1299	2-15	2,711	8,550	0.32	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	EW	1291	2-10	0.76	2.36	0.33	可
		NS	1206	2-13	0.65	2.36	0.28	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ (基礎)

	評価項目	方向	要素番号	荷重の組合せケース	① 解析結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm^2/m)	EW	1201	7	3,716	8,550	0.44	可
		NS	1299	8	2,750	8,550	0.33	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	EW	1299	7	0.63	2.36	0.27	可
		NS	1303	7	0.51	2.36	0.22	可

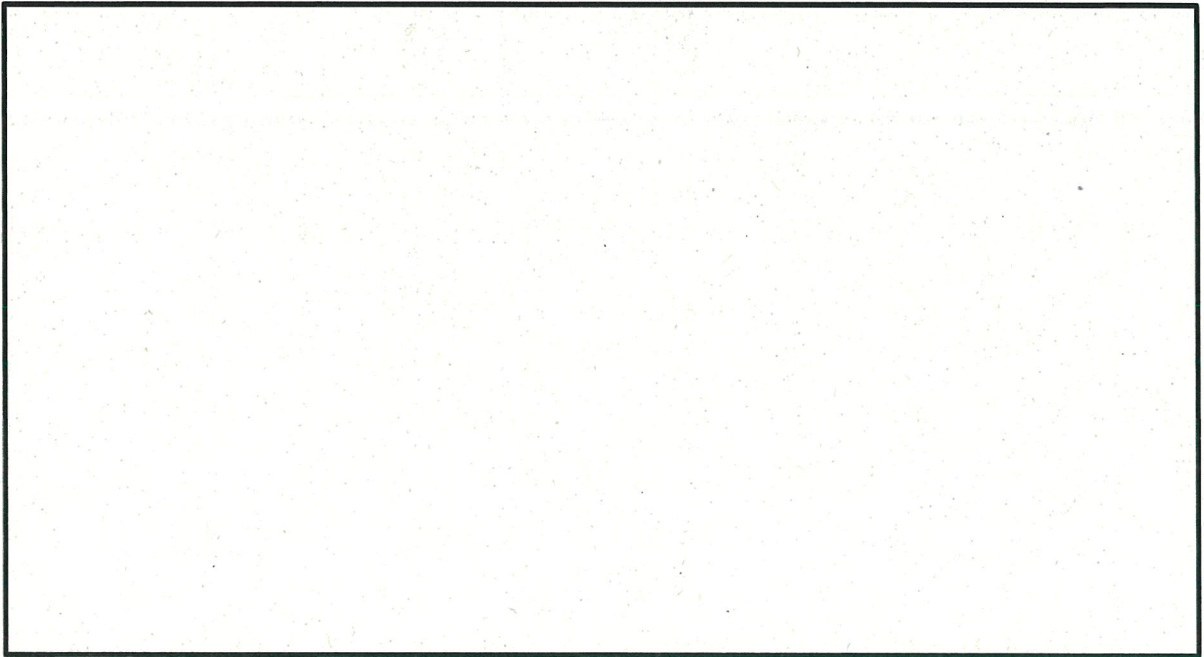
第3.6-17表 (2/2) 評価結果 (Ss地震時)

(a) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ (壁 (地下部))




	評価項目	方向	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm ² /m)	横筋	11292	2-12	2,050	5,700	0.36	可
		縦筋	796	2-12	4,219	11,400	0.38	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	横筋	10723	2-4	0.99	2.36	0.42	可
		縦筋	10285	2-5	1.49	2.30	0.65	可

(b) 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せ (壁 (地下部))

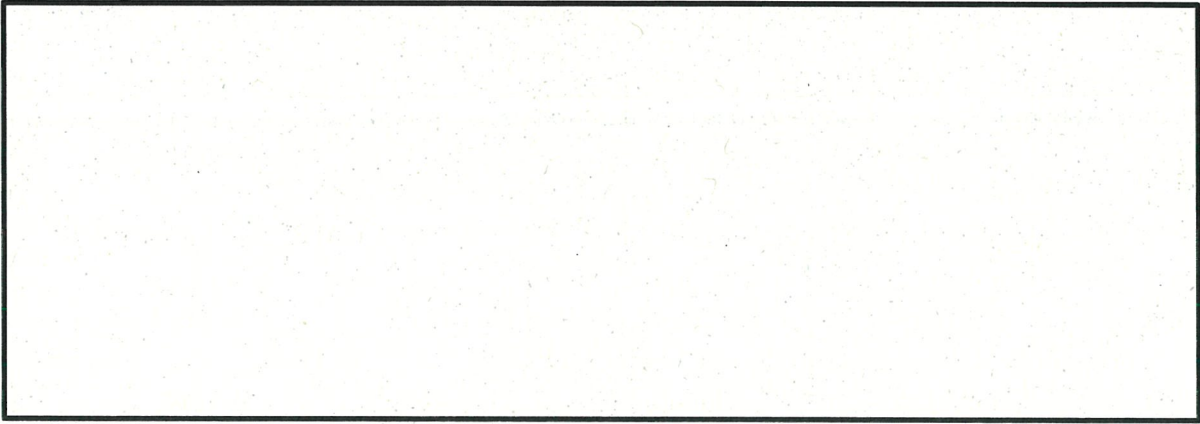
	評価項目	方向	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	① 解析 結果	② 許容値	①/②	判定
軸力 + 曲げモーメント + 面内せん断力	鉄筋量 (mm ² /m)	横筋	11292	7	1,625	5,700	0.29	可
		縦筋	796	7	3,614	11,400	0.32	可
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm ²)	横筋	10723	4	0.96	2.36	0.41	可
		縦筋	10285	1	1.49	2.31	0.65	可



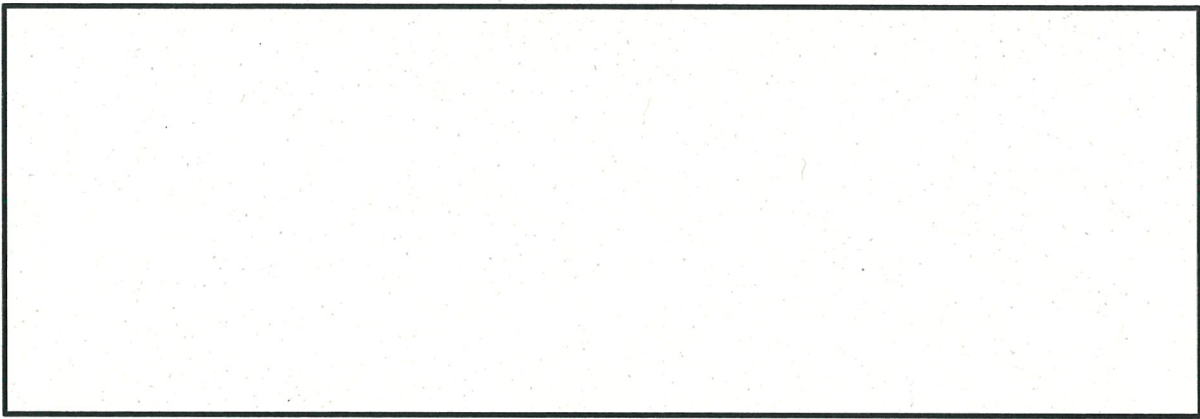
(a) FS1

-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに並びに水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

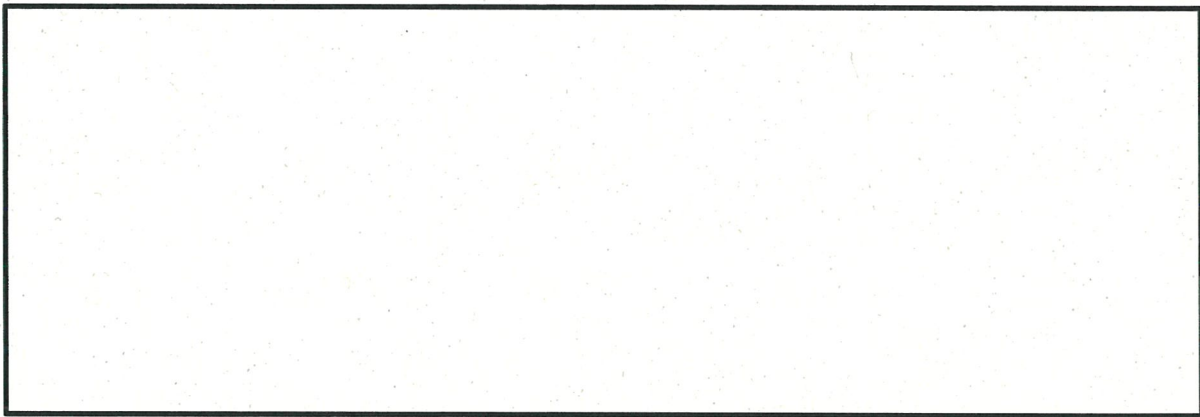
第3.6-14図 (1/2) 評価結果の位置 (基礎)






(b) W8



(c) W10



(d) W14

-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号
-  : 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに並びに水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる断面の評価対象要素番号

第 3.6-14 図 (2/2) 評価結果の位置 (壁 (地下部))

3.6.8 検討のまとめ

基礎は直交する水平2方向の荷重が応力として集中する部位であり、隅部等に応力が集中する可能性があること、壁（地下部）は面内方向の荷重を負担しつつ、面外方向の水圧及び土圧荷重が作用する部位であり、水平2方向の地震力の影響を受ける。このため、非常用ガスタービン発電機建屋について、耐震性向上の観点から、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析に基づき、Ss地震時において地震力を水平2方向及び鉛直方向に作用させた場合の検討を行った。

検討の結果、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力による必要鉄筋量が配筋量を超えないこと並びに面外せん断応力度が許容値を超えないことを確認した。また、水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価結果と比較すると、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより、検定値は同等又は増加傾向であることを確認した。

以上より、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、非常用ガスタービン発電機建屋の基礎及び壁（地下部）が有する耐震性への影響はないことを確認した。

伊方発電所3号機（非常用ガスタービン発電機）
建物・構築物の耐震計算についての補足説明資料
4-5 建物・構築物の耐震評価における
組合せ係数法の適用

目 次

	頁
1. 概要	4-5-1
2. 検討内容	4-5-2
3. 検討結果	4-5-5
4. まとめ	4-5-9

1. 概要

本資料は、非常用ガスタービン発電機建屋の耐震評価における組合せ係数法の適用性について説明するものである。

非常用ガスタービン発電機建屋の耐震評価において、水平及び鉛直方向地震力の組合せに組合せ係数法を適用した場合と、水平及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果の比較を行うことで、組合せ係数法の適用性を確認する。

なお、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・資料17-15-2「非常用ガスタービン発電機建屋の耐震計算書」

2. 検討内容

非常用ガスタービン発電機建屋について、組合せ係数法による最大接地圧と時刻歴和による接地圧の最大値を比較して、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値と同等又は保守的であることを確認する。

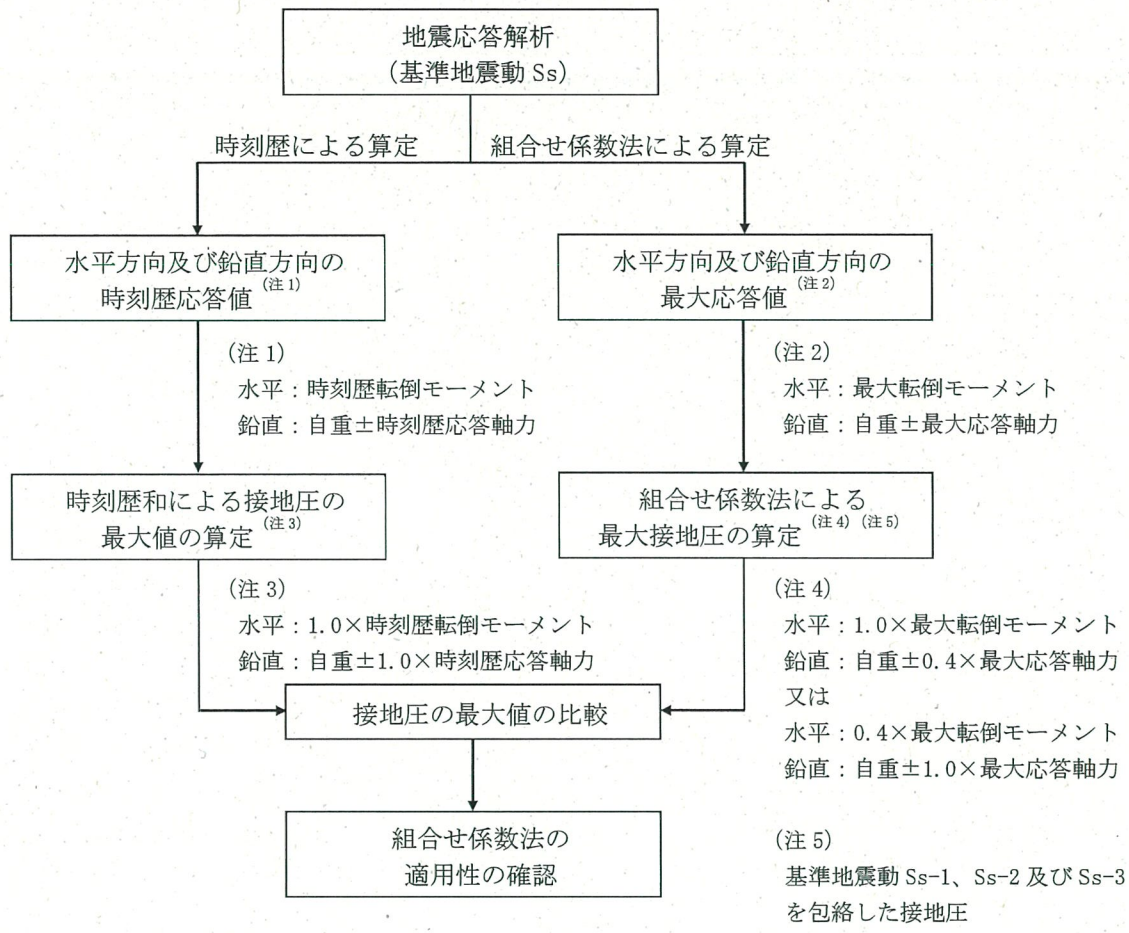
検討に用いる地震動は、全周期帯で加速度応答スペクトルが大きい基準地震動 S_s-1' （水平方向の位相反転を考慮したケース）に加えて、その他の地震動のうち組合せ係数法による接地圧が最も大きい地震動（ $S_s-3-2EW$ ）に対して実施する。

組合せ係数法による最大接地圧は、自重に加え、水平方向の地震応答解析による最大転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による最大応答軸力を組合せ係数法により組み合わせて算定する。

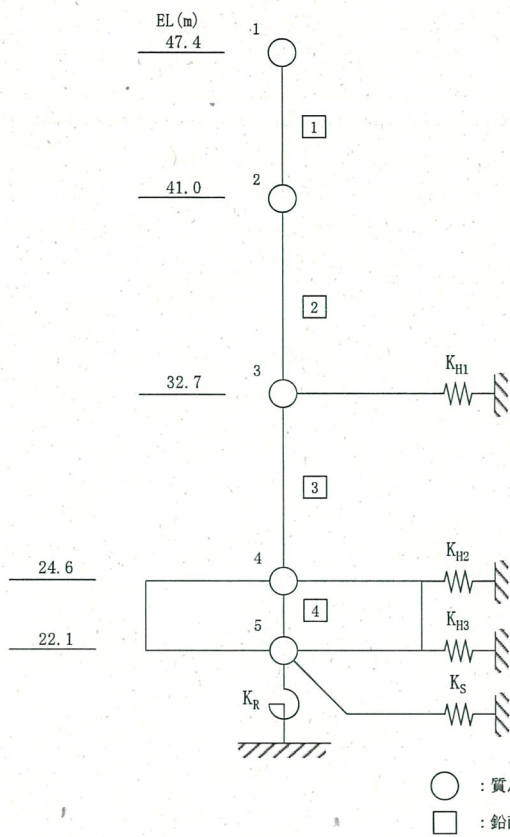
時刻歴和による接地圧の最大値は、自重に加え、水平方向の地震応答解析による時刻歴転倒モーメント及び鉛直方向の地震応答解析による時刻歴応答軸力から時刻毎に算定した接地圧の最大値とする。

なお、組合せ係数法による最大接地圧及び時刻歴和による接地圧の最大値は、資料17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」の基本ケースの結果を用いて算定する。

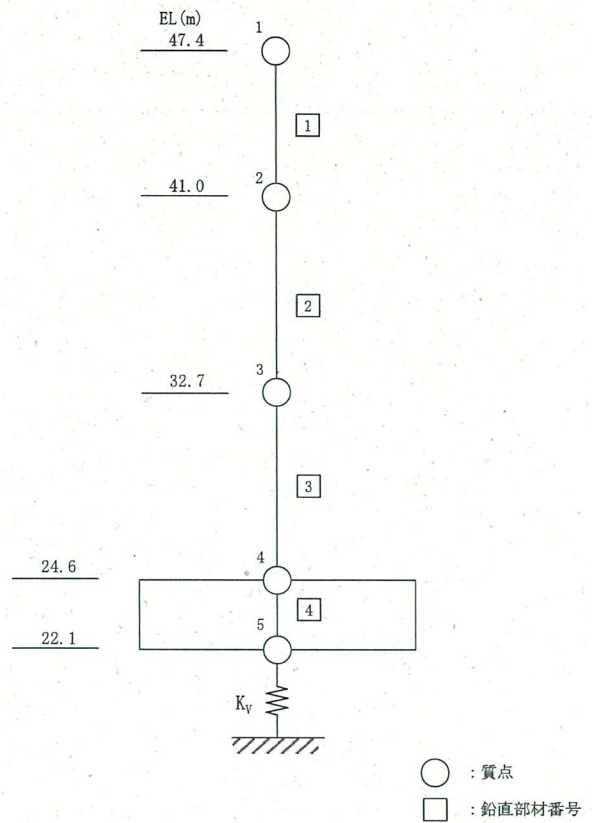
検討フローを第2-1図に、地震応答解析モデルを第2-2図に示す。



第2-1図 検討フロー



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第2-2図 地震応答解析モデル

3. 検討結果

基準地震動 S_s-1' 及び $S_s-3-2EW$ について、地震動ごとに組合せ係数法を適用して算定した最大接地圧(①)、基準地震動 S_s-1 、 S_s-2 及び S_s-3 による応答値を包絡し、組合せ係数法を適用して算定した接地圧(②)、時刻歴和による接地圧の最大値(③)及び最大接地圧の比率(①/③及び②/③)を第3-1表～3-3表に、時刻歴和による接地圧の算定結果を第3-1図～第3-3図にそれぞれ示す。なお、 S_s-1' については鉛直方向に方向性がない地震動であるため、時刻歴和による接地圧の算定にあたっては鉛直方向地震動の位相反転を考慮している。また、第3-1図～第3-3図には参考として、組合せ係数法による最大接地圧も併せて示す。

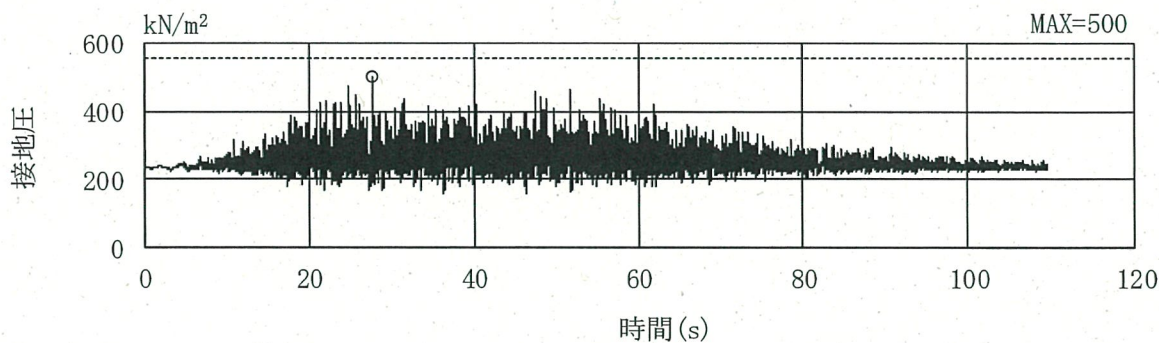
検討の結果、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値と同等又は保守的な結果となっていることを確認した。

第3-1表 最大接地圧の比較 (Ss-1')

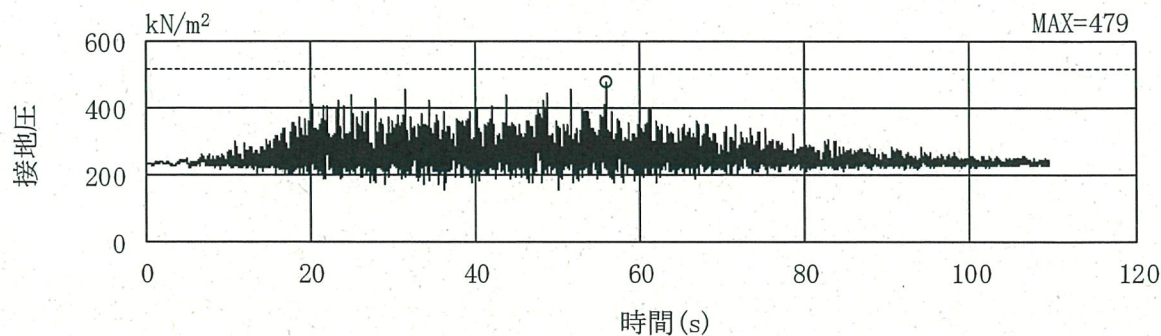
方向	組合せ係数法 による最大接地圧 ^{※1} (kN/m ²)		③時刻歴和による 接地圧の最大値 ^{※1} (kN/m ²)	①/③	②/③
	①Ss-1'	②Ss包絡 ^{※2}			
EW	533	556	500	1.06	1.11
NS	500	518	479	1.04	1.08

※1：基本ケースによる検討

※2：Ss-1、Ss-2及びSs-3の地震応答解析による最大転倒モーメント及び最大応答軸力それぞれの包絡値から算定した接地圧



(a) EW断面



(b) NS断面

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧 (②)

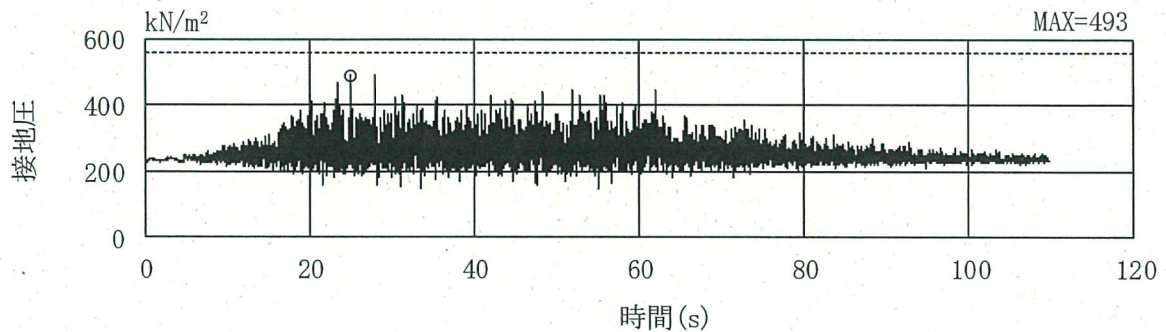
第3-1図 時刻歴和による接地圧の算定結果 (Ss-1')

第3-2表 最大接地圧の比較 (Ss-1', 鉛直方向位相反転)

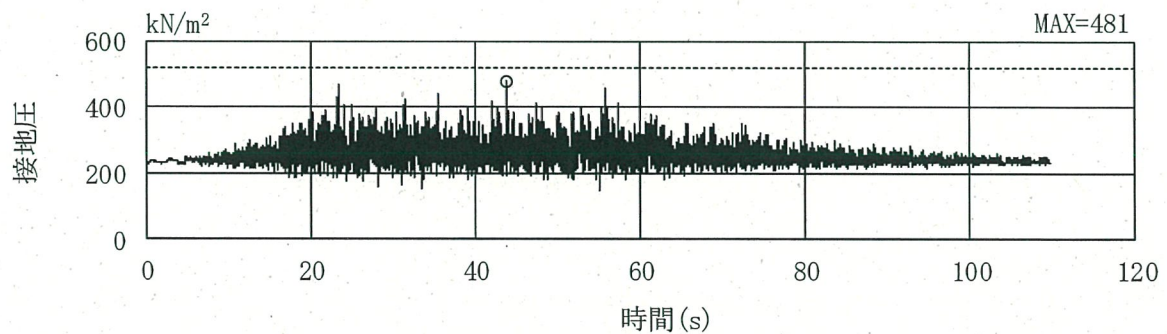
方向	組合せ係数法 による最大接地圧 ^{※1} (kN/m ²)		③時刻歴和による 接地圧の最大値 ^{※1} (kN/m ²)	①/③	②/③
	①Ss-1'	②Ss包絡 ^{※2}			
EW	533	556	493	1.08	1.12
NS	500	518	481	1.03	1.07

※1：基本ケースによる検討

※2：Ss-1、Ss-2及びSs-3の地震応答解析による最大転倒モーメント及び最大応答軸力それぞれの包絡値から算定した接地圧



(a) EW断面



(b) NS断面

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧 (②)

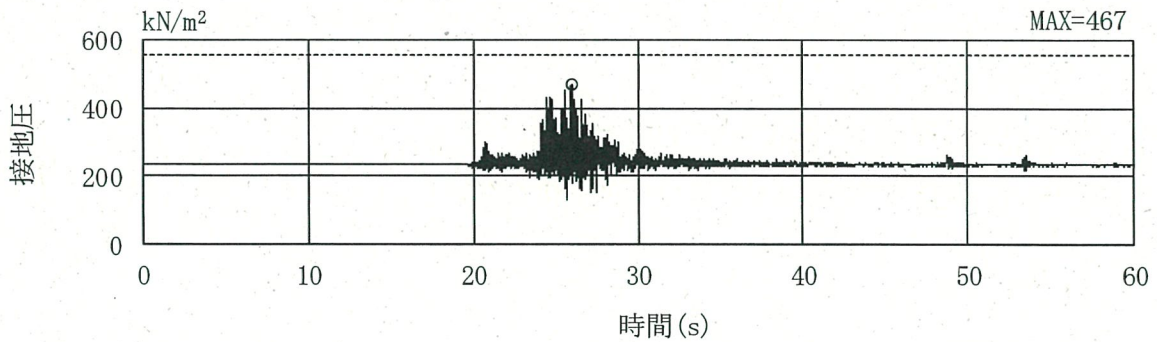
第3-2図 時刻歴和による接地圧の算定結果 (Ss-1', 鉛直方向位相反転)

第3-3表 最大接地圧の比較 (Ss-3-2EW)

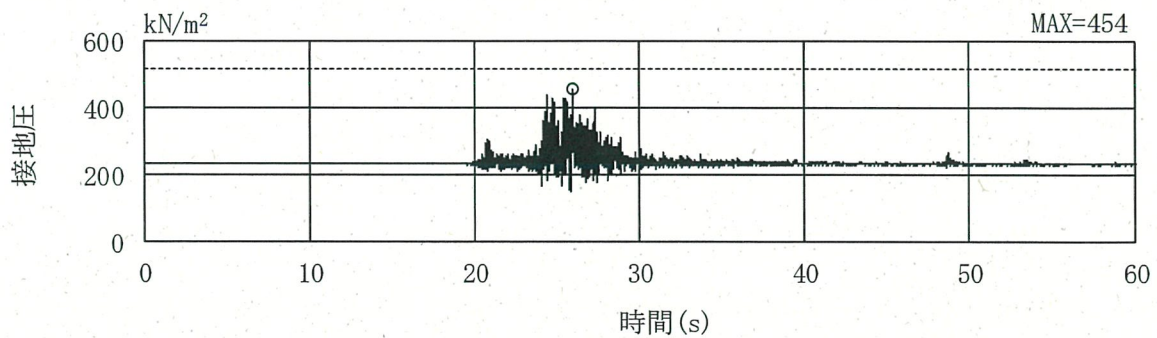
方向	組合せ係数法 による最大接地圧 ^{※1} (kN/m ²)		③時刻歴和による 接地圧の最大値 ^{※1} (kN/m ²)	①/③	②/③
	①Ss-3-2EW	②Ss包絡 ^{※2}			
EW	499	556	467	1.06	1.19
NS	460	518	454	1.01	1.14

※1：基本ケースによる検討

※2：Ss-1、Ss-2及びSs-3の地震応答解析による最大転倒モーメント及び
最大応答軸力それぞれの包絡値から算定した接地圧



(a) EW方向



(b) NS方向

【参考】 ----- : 組合せ係数法による最大接地圧 (②)

第3-3図 時刻歴和による接地圧の算定結果 (Ss-3-2EW)

4. まとめ

非常用ガスタービン発電機建屋の耐震評価において、水平方向及び鉛直方向地震力における組合せ係数法の適用性を確認する目的で、水平及び鉛直方向の荷重の組合せに組合せ係数法を適用した場合と水平及び鉛直方向の地震応答を時々刻々重ね合わせた場合の評価結果の比較を行った。その結果、組合せ係数法による最大接地圧が、時刻歴和による接地圧の最大値と比較し同等又は保守的な結果となっていることから、耐震評価において組合せ係数法を適用しても安全上支障がないことを確認した。