

4条 地震による損傷の防止
耐震重要施設等の配置及び構造変更に
ついて

1. 変更内容

東海第二発電所の特定重大事故等対処施設の導入に伴い、耐震Sクラス設備である非常用電源装置の配管・電路の配置変更及び常設耐震重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備（以下「耐震Sクラス設備等」という。）の変更をする（常設耐震重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の変更内容については添付－43条－1参照。）。また、耐震Sクラス設備等が設置される建物・構築物のうち、常設代替高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部、立坑部、カルバート部）（以下「常設代替高圧電源装置置場等」という。）の構造を変更する。

本資料では、上記の配置及び構造変更をすることに対して、2018年9月に許可を受けた設置変更許可申請書（以下「既許可申請書」という。）の建物・構築物及び機器・配管系の耐震設計方針に対して影響がないことを説明する。

2. 変更の妥当性

設置許可基準規則第四条及び第三十九条の要求事項とそれに対する既許可の耐震設計方針並びに今回申請の方針をまとめたものを第4－1表に示す。今回申請における耐震設計方針については既許可と同じ設計方針とすることから、既許可申請書への影響はない。

また、建物・構築物及び機器・配管系の耐震設計方針への影響を下記に示す。

2.1 建物・構築物

第 4-1 図に配置変更前後の配置図の比較を，第 4-2 表に常設代替高圧電源装置置場等の配置変更前後における耐震 S クラス設備等が設置される建物・構築物を示す。第 4-2 表に示すとおり，配置変更によって耐震 S クラス設備等が設置される建物・構築物を変更する。

これより，耐震 S クラス設備等が設置される建物・構築物の支持形式，構造及び耐震評価手法，本体施設の工事計画認可にて評価を実施した類似の構築物を第 4-3 表に整理した。何れの建物・構築物においても本体施設にて類似構築物を有し，審査実績を有する手法で耐震評価を実施する方針である。

また，第 4-4 表に示すとおり既許可申請書の地震応答解析，荷重の組合せ，許容限界の各方針に対して構造変更による影響を確認したが，既許可申請書の耐震設計方針により設計が可能であることから，現行の耐震設計方針に対して建物・構築物の構造変更による影響はない。

2.2 機器・配管系

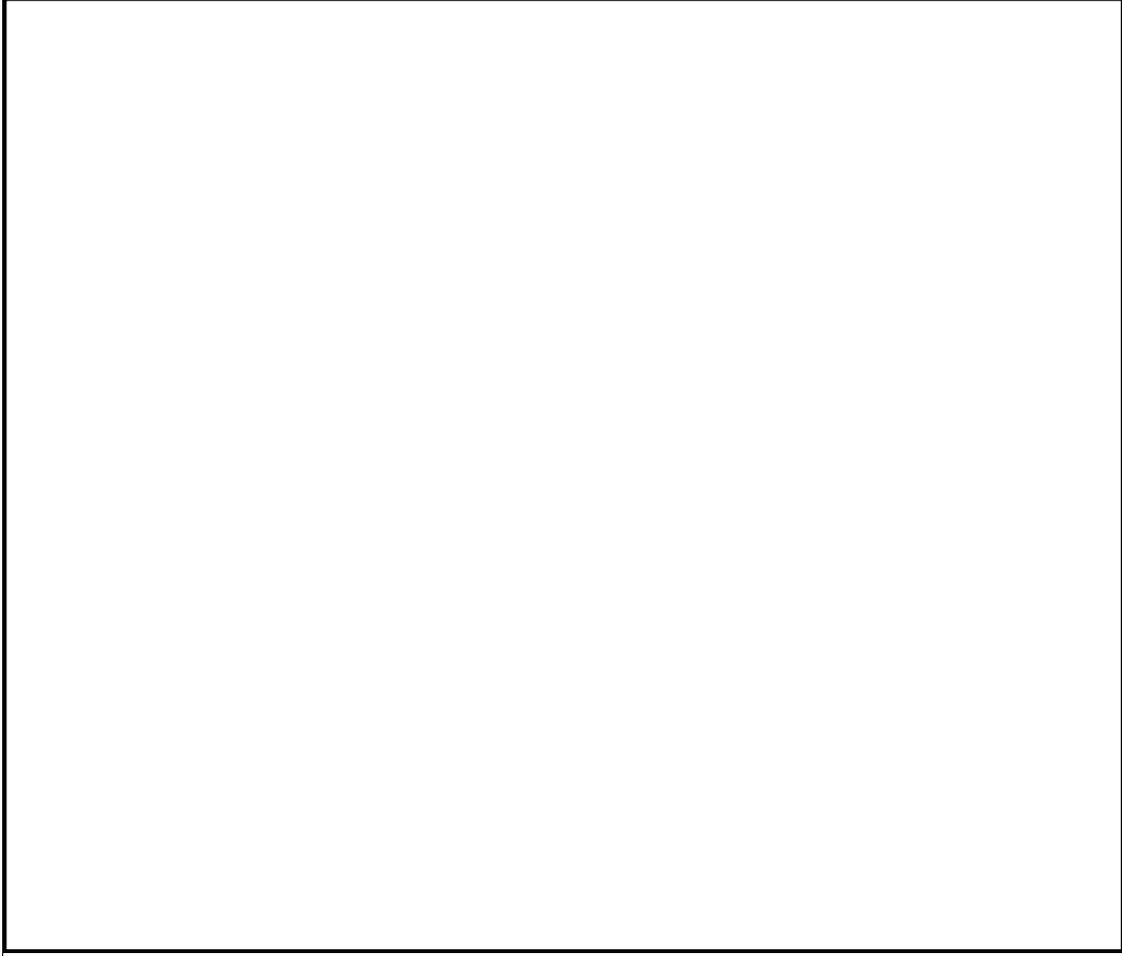
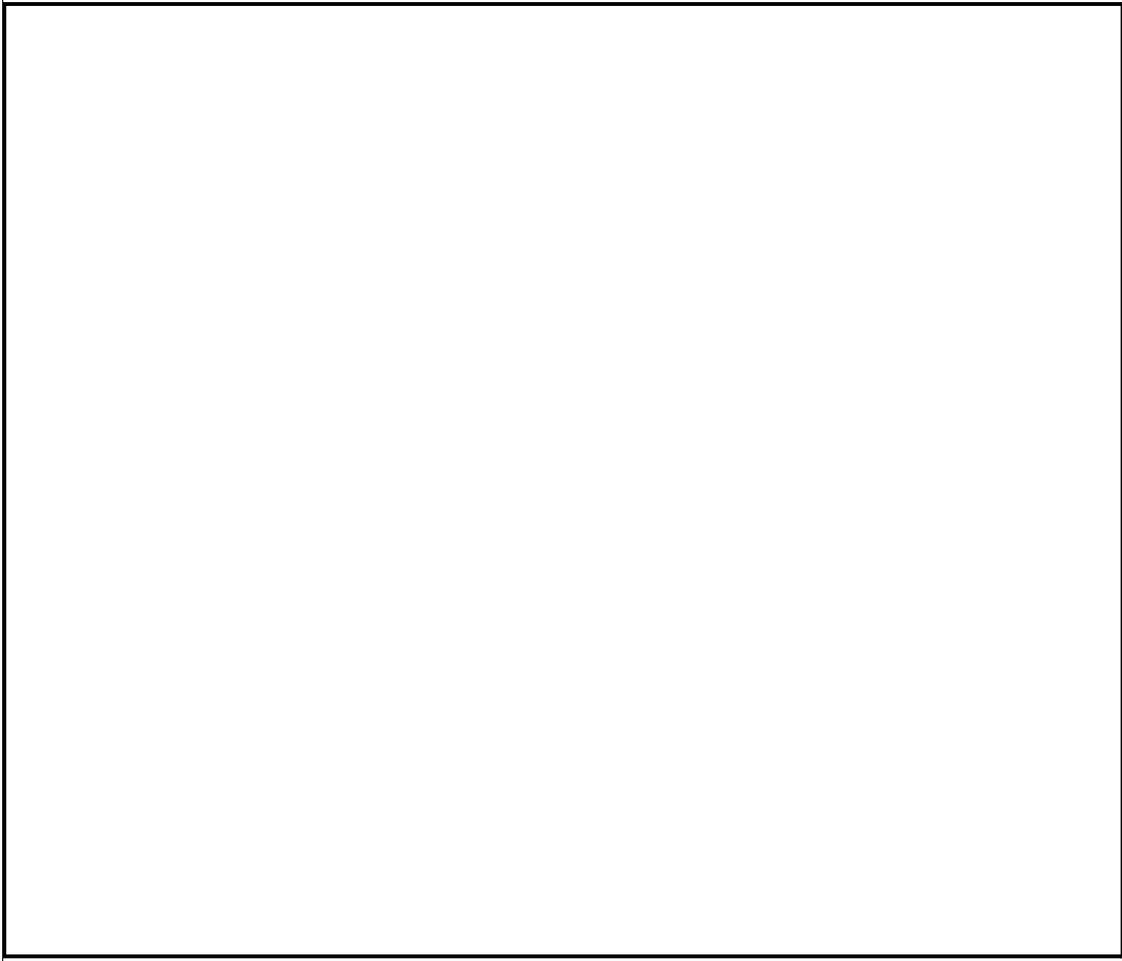
耐震 S クラス等の機器・配管系については，構造変更を伴わないため，既許可申請書及び既工認と同じ評価手法を用いて評価することから，現行の耐震設計方針に対して機器・配管系の変更による影響はない。

以上のとおり機器・配管系の配置変更及び建物・構築物が構造変更されることになるが，既許可申請書の耐震設計方針に影響の

ないことを確認した。

既許可のカルバート等ルート

E S 設置後のカルバート等ルート



第4-1図 配置変更前後の配置図

第4-1表 基準要求事項と既許可方針及び今回申請の方針比較

要求事項	主たる要件	既許可方針	今回申請の方針
<p>耐震性</p> <p>第四条</p>	<p>耐震重要施設</p> <p>○耐震重要度分類のSクラスの施設に適用される地震力に対して十分に耐えること。</p> <p>○基準地震動S_sによる地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないこと。</p>	<p>耐震重要施設</p> <p>○S_d (又は静的地震力) : 弾性設計</p> <p>○S_s : 機能維持</p> <p>○下位クラスの波及的影響を考慮</p>	<p>同左</p>
	<p>斜面の安定性 (参考)</p>	<p>耐震重要施設は基準地震動S_sの地震力によって生じるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれないこと。</p>	<p>耐震重要施設は基準地震動S_sの地震力によって生じるおそれがある周辺斜面の崩壊に対して、安全機能を損なわない場所に設置する。</p>
<p>耐震性</p> <p>第三十九条</p>	<p>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に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないこと。</p>	<p>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に対処施設</p> <p>○S_s : 機能維持</p> <p>○下位クラスの波及的影響を考慮</p>	<p>同左</p>
	<p>斜面の安定性 (参考)</p>	<p>基準地震動S_sの地震力によって生じるおそれがある斜面の崩壊に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないこと。</p>	<p>重大事故等に対処施設は基準地震動S_sの地震力によって生じるおそれがある周辺斜面の崩壊に対して、重大事故等に対処するために必要な機能を損なわない場所に設置する。</p>

第4-2表 耐震Sクラス設備等が設置される建物・構築物の変更前後

耐震Sクラス設備等 （[]内は設備区分を示す）	耐震Sクラス設備等が設置される建物・構築物 変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> 常設代替高圧電源装置[SA] 非常用電源装置の配管・電路 [DB/SA] 低圧代替注水系の配管等[SA] 	<ul style="list-style-type: none"> 常設代替高圧電源装置置場 	<ul style="list-style-type: none"> 常設代替高圧電源装置置場※¹
<ul style="list-style-type: none"> 非常用電源装置の配管・電路 [DB/SA] 低圧代替注水系の配管等[SA] 	<ul style="list-style-type: none"> 常設代替高圧電源装置用カルバート（トンネル部，立坑部，カルバート部） 	<ul style="list-style-type: none"> 常設代替高圧電源装置用カルバート※²
<ul style="list-style-type: none"> フィルタ装置[SA/ES] フィルタ装置の配管等[SA/ES] 	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器圧力逃がし装置格納槽 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 	

DB:設計基準対象施設，SA: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，ES:特定重大事故等対処施設（一の施設）

※1：常設代替高圧電源装置置場と常設代替高圧電源装置用カルバートの接続位置の変更。

※2：岩盤内に設置から人工岩盤を介して岩盤に直接支持方式に変更。また，形状をトンネル構造からボックスカルバート構造に変更。

第4-3表 建物・構築物の構造，耐震評価手法等一覧

建物・構築物	支持形式	構造	耐震評価手法	既工認における類似構築物
常設代替電源装置用カ ルバート	人工岩盤を介して 岩盤に直接支持	R C造，ボックスカルバート 状ラマーメン構造	[解析方法] 時刻歴応答解析 [解析モデル] 地盤2次元F E M-構造物柱梁モデル	常設低圧代替注水配管カル バート
	人工岩盤を介して 岩盤に直接支持	R C造，ボックスカルバート 状ラマーメン構造	[解析方法] 時刻歴応答解析 [解析モデル] 地盤2次元F E M-構造物柱梁モデル	常設低圧代替注水配管カル バート
	人工岩盤を介して 岩盤に直接支持	R C造，ボックスカルバート 状ラマーメン構造	[解析方法] 時刻歴応答解析 [解析モデル] 地盤2次元F E M-構造物柱梁モデル	常設低圧代替注水配管カル バート
	岩盤に直接支持	R C造，壁式構造	[解析方法] 時刻歴応答解析 [解析モデル] 地盤2次元F E M-建屋質点モデル	格納容器圧力逃がし装置格納 槽

第4-4表 既許可申請書の記載

項目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
地震応答解析	<p>動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。動的解析は、時刻歴応答解析法による。また、3次元応答性状等の評価は、線形解析に適用可能な周波数応答解析法による。</p> <p>建物・構築物の動的解析に当たっては、建物・構築物の剛性はそれらの形状、構造特性等を十分考慮して評価し、集中質点系等に置換した解析モデルを設定する。</p> <p>動的解析には、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし、解析モデルの地盤のばね定数は、基礎版の平面形状、地盤の剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものをを用いる。</p> <p>地盤-建物・構築物連成系の減衰定数は、振動エネルギーの地下逸散及び地震応答における各部のひずみレベルを考慮して定める。</p> <p>基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する応答解析において、主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、実験等の結果に基づき、該当する建物部分の構造特性に応じて、その弾塑性挙動を</p>	<p>設計基準対象施設の方針に基づく。</p>	<p>現行の地震応答解析の方針により設計が可能であるため、構造変更による現行記載への影響はない。</p>

項目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
	<p>適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。</p> <p>また、Sクラスの施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討するための動的解析において、施設を支持する建物・構築物の主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には、その弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。</p> <p>応答解析に用いる材料定数については、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また、必要に応じて建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討する。</p> <p>建物・構築物の動的解析において、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することの基本とする。保守的な配慮として地盤を強制的に液化化させることを仮定した影響を考慮する場合には、原地盤よりも十分に小さい液化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液化強度特性）を設定する。</p> <p>原子炉建屋については、3次元FEM解析等から、建物・構築物の3次元応答性状及びそれによる機器・</p>		

項目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
荷重の組合せ (1) 耐震設計上考慮する状態	<p>配管系への影響を評価する。 屋外重要土木構築物の動的解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構築物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線形、非線形解析のいずれかに行う。 なお、地震力については、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。</p> <p>(a) 運転時の状態 発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態。 ただし、運転状態には通常運転時、運転時の異常な過渡変化時を含むものとする。 (b) 設計基準事故時の状態 発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。 (c) 設計用自然条件 設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風、積雪等)。</p>	<p>(a) 運転時の状態 設計基準対象施設の方針に基づく (b) 設計基準事故時の状態 設計基準対象施設の方針に基づく (c) 重大事故等時の状態 発電用原子炉施設が、重大事故に至るおそれのある事故又は重大事故時の状態で、重大事故等対処施設の機能を必要とする状態 (c) 設計用自然条件 設計基準対象施設の方針に基づく</p>	荷重の組合せに関する方針であり、構造変更による影響はない。
荷重の組合せ (2) 荷重の種類	<p>(a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常の気象条件による荷重 (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重</p>	<p>(a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常の気象条件による荷重 (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重</p>	荷重の組合せに関する方針であり、構造変更による影響はない。

項目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
荷重の組合せ (3) 荷重の組合せ	<p>(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重</p> <p>(d) 地震力、風荷重、積雪荷重等</p> <p>ただし、運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震時土圧、機器・配管系からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。</p> <p>(a) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時（通常運転時又は運転時の異なる過渡変化時）の状態では施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。</p> <p>(b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動 S_a による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。</p> <p>(c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的な地震力又は静的地震力とを組み合わせる。</p>	<p>(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重</p> <p>(d) 重大事故等時の状態で施設に作用する荷重</p> <p>(e) 地震力、風荷重、積雪荷重等</p> <p>ただし、運転時の状態、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態での荷重には、機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし、地震力には、地震時土圧、機器・配管系からの反力、スロッシング等による荷重が含まれるものとする。</p> <p>(a) 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の建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。</p> <p>(b) 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の建物・構築物については、常時作用している荷重、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれがある事象によって作用する荷重と地震力とを組み合わせる。重大事故等が地震によって引き起こされるおそれがある事象であるかについては、設計基準対象施設の耐震設計の考え方に基づくとともに、確率的な考察も考慮した上で設定する。</p>	<p>荷重の組合せに関する方針であり、構造変更による影響はない。</p>

項 目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
		<p>(c) 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の建物・構築物については、常時作用している荷重、設計基準事故時の状態及び重大事故等時の状態で施設に作用する荷重のうち、地震によって引き起こされるおそれがない事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力（基準地震動 S_s 又は弾性設計用地震動 S_d による地震力）と組み合わせる。この組合せについては、事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の積等を考慮し、工学的、総合的に勘案の上設定する。なお、継続時間については対策の成立性も考慮した上で設定する。</p> <p>以上を踏まえ、原子炉格納容器バウンダリを構成する施設（原子炉格納容器内の圧力、温度の条件を用いて評価を行うその他の施設を含む。）については、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重と弾性設計用地震動 S_d による地震力とを組み合わせ、その状態からさらに長期的に継続する事象による荷重と基準地震動 S_s による地震力を組み合わせる。また、その他の施設については、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重と基準地震動 S_s による地震力とを組み合わせる。</p>	

項目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
許容限界 ・耐震Sクラス設備等 支持する建物・構築物	<p>(a) Sクラスの建物・構築物</p> <p>ii) 基準地震動S_sによる地震力との組合せに対する許容限界 構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し十分な安全余裕を持たせることとする（評価項目はせん断ひずみ、応力等）。</p> <p>なお、終局耐力は、建物・構築物に対する荷重又は応力を漸次増大していくとき、その変形又はひずみが増著しく増加するに至る限界の最大耐力とし、既往の実験式等に基づき適切に定めるものとする。</p> <p>上記(a) ii)を適用するほか、耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物が、変形等に対してその支持機能を損なわれないものとする。</p> <p>なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能を損なわれないことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。</p> <p>(d) 建物・構築物の保有水平耐力建物・構築物について</p>	<p>(d) 常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設の建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。</p> <p>Sクラスの建物・構築物の基準地震動S_sによる地震力との組合せに対する許容限界を適用する。</p> <p>ただし、原子炉格納容器バウンダリを構成する施設の設計基準事故時の状態における長期的荷重と弾性設計用地震動S_aによる地震力の組合せに対する許容限界は、Sクラスの建物・構築物の弾性設計用地震動S_aによる地震力又は静的地震力との組合せに対する許容限界を適用する。</p>	<p>現行の許容限界の方針により設計が可能であるため、構造変更による現行記載への影響はない。</p>

項 目	設計基準対象施設における 建物・構築物の設計方針	重大事故等対処施設における 建物・構築物の設計方針	構造変更による影響
許容限界 (e) 屋外重要土木構築物	<p>設計基準対象施設における建物・構築物の設計方針</p> <p>ては、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた安全余裕を有していることを確認する。</p> <p>i) 静的地震力との組合せに対する許容限界 安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。</p> <p>ii) 基準地震動 S_s による地震力との組合せに対する許容限界 構造部材のうち、鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角、終局曲率又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容せん断応力度を許容限界とする。構造部材のうち、鋼材の曲げについては終局曲率又は許容応力度、せん断についてはせん断耐力又は許容せん断応力度を許容限界とする。</p> <p>なお、限界層間変形角、終局曲率及びせん断耐力に対しては妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし、それぞれの安全余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。</p>	設計基準対象施設の方針に基づく	現行の許容限界の方針により設計が可能であるため、構造変更による現行記載への影響はない。