

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点
から公開できません。

伊方発電所工事計画審査資料	
資料番号	BAT-080
提出年月日	令和元年 12 月 26 日

伊方発電所 3 号機
工事計画に係る説明資料
(耐震性に関する説明書)
(所内常設直流電源設備 (3 系統目))

令和元年 12 月
四国電力株式会社

資料 8 に係る補足説明資料

【説明する添付資料】

資料 8 耐震性に関する説明書

目 次

1. 機器・配管系の耐震評価手法について
2. 下位クラス施設の波及的影響の検討について
3. 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ついて

1. 機器・配管系の耐震評価手法について

(1) 蓄電池（3系統目）

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<u>地震応答解析</u> 3次元FEMモデルにより、固有振動数及び発生荷重を求める。	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蓄電池（非常用）の耐震評価にて実績のある手法
	<u>応力評価</u> 地震応答解析結果から得られる荷重を用いて応力評価式により発生応力を計算し、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対して十分な構造強度を有することを確認する。	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蓄電池（非常用）の耐震評価にて実績のある手法
機能維持評価	JEAG4601-1987において「装置」に分類される剛構造物であるため、支持構造物が健全であることの確認により機能維持評価を行う。	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蓄電池（非常用）の耐震評価で実績のある手法

(2) 蓄電池（3系統目）切換盤

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<u>地震応答解析</u> 理論式により固有振動数及び応答加速度を求め る。	平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可 された工事計画の代替計装用分電盤の耐震評価にて 実績のある手法
	<u>応力評価</u> 地震応答解析結果から得られる応答加速度を用 いて応力評価式により発生応力を計算し、基準 地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに対して十分 な構造強度を有することを確認する。	平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可 された工事計画の代替計装用分電盤の耐震評価にて 実績のある手法
機能維持評価	既往の加振試験で確認がなされた機能確認済加 速度を満足することを確認した。	平成28年3月23日付け原規規発第1603231号にて認可 された工事計画の代替計装用分電盤の耐震評価にて 実績のある手法

2. 下位クラス施設の波及的影響の検討について

目 次

	頁
1. 概要	2-1
2. 波及的影響に関する評価方針	2-2
2.1 基本方針	2-2
2.2 下位クラス施設の抽出方法	2-2
2.3 影響評価方法	2-2
2.4 プラント運転状態による評価対象の考え方	2-3
3. 事象検討	2-4
3.1 別記2に記載された事項に基づく事象検討	2-4
3.2 地震被害事例に基づく事象の検討	2-5
3.3 周辺斜面の崩壊による影響評価	2-5
4. 上位クラス施設の確認	2-6
5. 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法	2-9
5.1 不等沈下又は相対変位による影響	2-9
5.2 接続部における相互影響	2-13
5.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響	2-16
5.4 建屋外における損傷、転倒及び落下等による影響	2-18
6. 下位クラス施設の抽出結果	2-20
6.1 屋外施設の評価対象の抽出	2-20
6.2 接続部の評価対象の抽出	2-22
6.3 屋内施設の評価対象の抽出	2-23
7. 影響評価結果	2-27
7.1 屋外施設の評価結果	2-27
7.2 接続部の評価結果	2-27
7.3 屋内施設の評価結果	2-27
8. まとめ	2-28

1. 概要

設計基準対象施設のうち耐震重要度分類のSクラスに属する施設、その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物（以下「Sクラス施設等」という。）、並びに重大事故等対処施設のうち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、特定重大事故等対処施設及びその間接支持構造物（以下「重要SA施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないことについて、設計図書類を用いた机上検討及び現地調査（プラントウォークダウン）による敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、必要な評価を実施することとしている。

ここで、Sクラス施設等と重要SA施設を合わせて「上位クラス施設」と定義し、Sクラス施設等の安全機能と重要SA施設の重大事故等に対処するために必要な機能を合わせて「上位クラス施設の有する機能」と定義する。また、上位クラス施設に対する波及的影響の検討対象とする「下位クラス施設」とは、上位クラス施設以外の発電所内にある施設（資機材等含む。）をいう。

本資料では、今回申請範囲の特定重大事故等対処施設及びその間接支持構造物に対する波及的影響評価について示す。

なお、新設建屋に設置する施設については、設計（工事計画）段階における下位クラス施設の抽出については、設計図書類を用いた机上検討により行うこととし、現地調査（プラントウォークダウン）については、工事段階において実施する。工事段階の現地調査では設計段階で検討した配置・補強等が設計どおりに施工されていることを確認する。

2. 波及的影響に関する評価方針

2.1 基本方針

波及的影響評価は以下に示す方針に基づき実施する。

- (1) 「「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」の別記2（以下「別記2」という。）に記載された4つの事項を基に、検討すべき事象を整理する。また、原子力発電所の地震被害情報を基に、別記2の4つの事項以外に検討すべき事象の有無を確認する。
- (2) (1)で整理した検討事項をもとに、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出する。
- (3) (2)で抽出された下位クラス施設について、配置、設計、運用上の観点から上位クラス施設への影響評価を実施する。

2.2 下位クラス施設の抽出方法

今回申請範囲の上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出は、設計図書類を用いた机上検討及び現地調査（プラントウォークダウン）による敷地全体を俯瞰した調査・検討により実施する。

(1) 机上検討

伊方発電所構内配置図、機器配置図、系統図等の設計図書類を用いて、屋外及び屋内の上位クラス施設を抽出し、その配置状況を確認する。

次に設計図書類を用いて、上位クラス施設周辺に位置する下位クラス施設、又は上位クラス施設に接続されている下位クラス施設のうち、波及的影響を及ぼすおそれのあるものを抽出する。

(2) 現地調査

机上検討で抽出された下位クラス施設の詳細な設置状況又は配置状況を確認すること、また、設計図書類では判別できない仮設設備、資機材等が影響防止対策を施工していない状態で上位クラス施設周辺に配置されていないことを確認することを目的として、既設の建屋内の新設の上位クラス施設を対象として現地調査を実施する。

2.3 影響評価方法

波及的影響を及ぼすおそれがあるとして抽出された下位クラス施設について、影響評価により上位クラス施設の機能を損なわないことを確認する。

影響評価において、抽出された下位クラス施設が耐震性を有していることの確認によって上位クラス施設の機能を損なわないことを確認する場合、適用する地震動（以下「検討用地震動」という。）は、原則として上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力とする。

ただし、プラント運転状況や定期検査等の作業状況に応じて、一時的に上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのある配置関係になる下位クラス施設については、JEAG4601・補-1984において地震と組み合わせべき事象に対する発生頻度及びその状態の継続時間の考え方を準用し、検討用地震動を設定する。すなわち、基準地震動又は弾性設計用地震動の年超過確率と当該事象（波及的影響を及ぼすおそれのある配置関係）の年間時間率との組合せが 10^{-7} /年を上回る場合はそれぞれの地震動を適用する。

2.4 プラント運転状態による評価対象の考え方

プラントの運転状態としては、通常運転時、事故対処時、定期検査時があり、各運転状態において要求される上位クラス施設の機能を考慮して波及的影響評価を実施する。

通常運転時は、ほぼ全ての上位クラス施設が供用状態（運転又は待機状態）にあり、下位クラス施設の波及的影響も考慮したうえで、基準地震動に対して安全機能を損なわないことを確認する。また、事故対処時においても、通常運転時と同様である。

定期検査時は、工程に伴い、上位クラス施設の供用状態は除外され、系統も隔離される。その状態では当該施設の安全機能は期待しないことから、波及的影響評価の対象から除外する。なお、定期検査時においても補機冷却系統や電源系等、一部の系統は供用状態にあるため、これらの施設については波及的影響評価の対象となる。

3. 事象検討

3.1 別記2に記載された事項に基づく事象検討

別記2に記載された4つの事項を基に、具体的な検討事象を整理する。

- ① 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位による影響
 - (1) 地盤の不等沈下による影響
 - ・ 地盤の不等沈下による下位クラス施設の傾きや倒壊に伴う隣接した上位クラス施設への衝突、又は建屋間渡り配管の損傷
 - (2) 建屋の相対変位による影響
 - ・ 上位クラス施設と下位クラス施設の建屋の相対変位による隣接した上位クラス施設への衝突、又は建屋間渡り配管の損傷
- ② 上位クラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響
 - ・ 機器・配管系において接続する下位クラス施設の損傷と隔離に伴う上位クラス施設側の系統のプロセス変化
 - ・ 電気計装設備において接続する下位クラス施設の損傷に伴う電気回路、信号伝送回路を介した悪影響
- ③ 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響
 - ・ 下位クラス施設の転倒、落下、倒壊に伴う上位クラス施設への衝突
- ④ 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響
 - (1) 施設の損傷、転倒及び落下等による影響
 - ・ 下位クラス施設の転倒、落下、倒壊に伴う上位クラス施設への衝突
 - (2) 周辺斜面の崩壊による影響
 - ・ 周辺斜面の崩壊による土塊の衝突

3.2 地震被害事例に基づく事象の検討

新規制基準適合性審査において、原子力施設情報公開ライブラリ（NUCIA：ニューシア）から、同公開ライブラリに登録された地震を対象に原子力発電所の被害情報を抽出し、これらの地震被害の発生要因（原因）から、3.1項で検討した波及的影響の具体的な検討事象に加えるべき新たな被害要因がないかを検討した結果、追加すべき事項がないことを確認している。

また、それ以降も定期的にNUCIAから原子力発電所の地震被害情報を抽出し、波及的影響の具体的な検討事象に加えるべき新たな被害要因がないことを確認している。

3.3 周辺斜面の崩壊による影響評価

上位クラス施設については、基準地震動 S_s による地震力により周辺斜面の崩壊の影響がないことが確認された場所に設置する。具体的にはJEAG4601-1987の安定性評価の対象とすべき斜面や、土砂災害防止法での土砂災害警戒区域の設定離間距離を参考に、個々の斜面高を踏まえて対象斜面を抽出する。

上記に基づく対象斜面の抽出とその耐震安定性評価については、設置（変更）許可申請書（平成30年6月27日許可）に記載しており、上位クラス施設の機能に対して影響ないことを確認していることから本検討の対象外とする。

4. 上位クラス施設の確認

今回、波及的影響評価を実施するに当たって、防護対象となる上位クラス施設は今回申請範囲の重大事故等対処施設及びその間接支持構造物とする。

屋外の上位クラス施設一覧を第4-1表に、屋内の上位クラス施設一覧を第4-2表に示す。

第4-1表 屋外上位クラス施設一覧表

No.	設備名	区分
○01	非常用ガスタービン発電機建屋 (以下「GT建屋」という。)	SA 施設の間接支持構造物
○02	原子炉補助建屋	SA 施設の間接支持構造物

第4-2表 屋内上位クラス施設一覧表

No.	設備名	区分	設置建屋
E01	蓄電池（3系統目）	SA 施設	GT 建屋
B01	蓄電池（3系統目）切換盤	SA 施設	原子炉補助建屋

5. 下位クラス施設の抽出及び影響評価方法

3. 項で整理した各検討事象を基に、上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出及び評価フローを作成し、当該フローに基づき、影響評価を実施する。

5.1 不等沈下又は相対変位による影響

(1) 地盤の不等沈下による影響

第5-1-1図のフローに従い、上位クラス施設及びそれらの間接支持構造物である建物・構築物の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 下位クラス施設の抽出

地盤の不等沈下による下位クラス施設の傾きや倒壊を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な離隔距離をとって配置されていることを確認し、離隔距離が十分でない下位クラス施設を抽出する。

また、上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物と下位クラス施設を渡って敷設されている配管等を抽出する。

b. 耐震性の確認

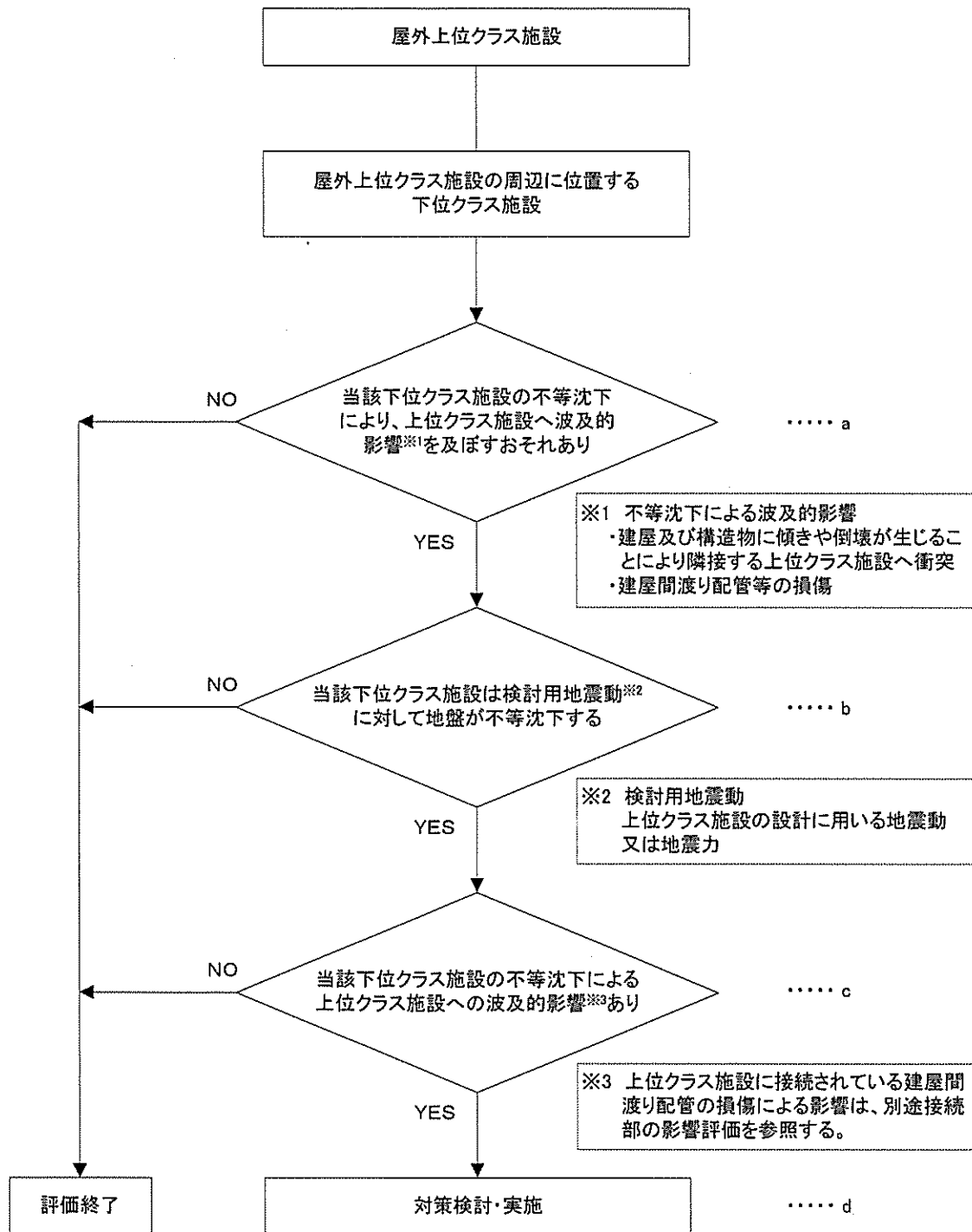
a. で抽出した下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、基礎地盤が十分な支持性能を持つ岩盤に設置されていることの確認により、不等沈下しないことを確認する。

c. 不等沈下に伴う波及的影響の評価

b. で地盤の不等沈下のおそれが否定できない下位クラス施設については、傾きや倒壊及び建屋間を渡って敷設されている配管等の破損を想定し、これらによる上位クラス施設への影響を確認し、上位クラス施設の有する機能を損なわないことを確認する。

d. 対策検討

c. で上位クラス施設の機能を損なうおそれが否定できない下位クラス施設に対して、基礎地盤の補強や周辺の地盤改良等を行い、不等沈下による下位クラス施設の波及的影響を防止する。



第5-1-1図 不等沈下により屋外上位クラス施設へ影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出及び評価フロー

(2) 建屋間の相対変位による影響

第5-1-2図のフローに従い、上位クラス施設及びそれらの間接支持構造物である建物・構築物の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 下位クラス施設の抽出

地震による建屋の相対変位を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な離隔距離をとって配置されていることを確認し、離隔距離が十分でない下位クラス施設を抽出する。

また、上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物と下位クラス施設を渡って敷設されている配管等を抽出する。

b. 耐震性の確認

a. で抽出した下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、建屋の相対変位による上位クラス施設への衝突がないことを確認する。

また、建屋間相対変位の考慮が必要な場合には、建屋間を渡って敷設されている配管等が建屋境界にて破損することを想定する。

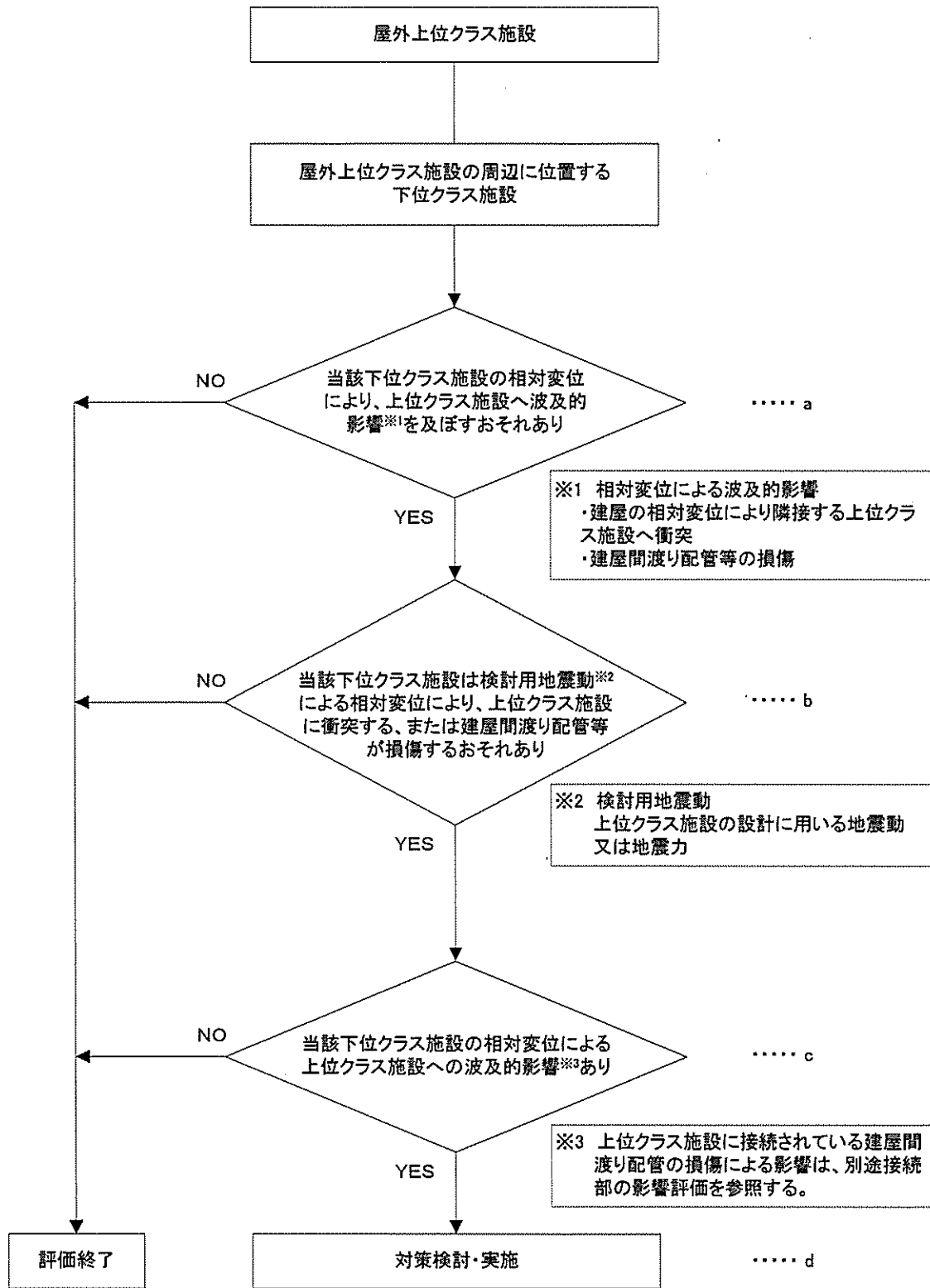
c. 相対変位に伴う波及的影響の評価

b. で衝突のおそれが否定できない下位クラス施設について、衝突部分の接触状況を確認し、建屋全体又は局部評価を実施し、衝突に伴い、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

また、建屋間を渡って敷設されている配管等の破損により、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

d. 対策検討

c. で上位クラス施設の機能を損なうおそれが否定できない下位クラス施設に対して、建屋の補強等を行い、建屋の相対変位等による下位クラス施設の波及的影響を防止する。



第5-1-2図 相対変位により屋外上位クラス施設へ影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出及び評価フロー

5.2 接続部における相互影響

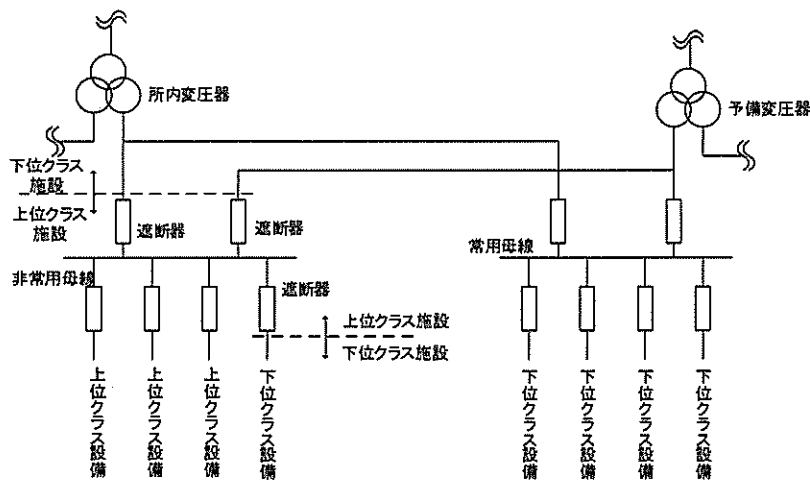
第5-2図のフローに従い、上位クラス施設と接続する下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 接続部の抽出

上位クラス施設と下位クラス施設が接続する箇所を抽出する。ここで、電気設備及び計装設備については、以下の理由により抽出の対象外とし、機器、配管及びダクトを対象とする。

(a) 電気設備

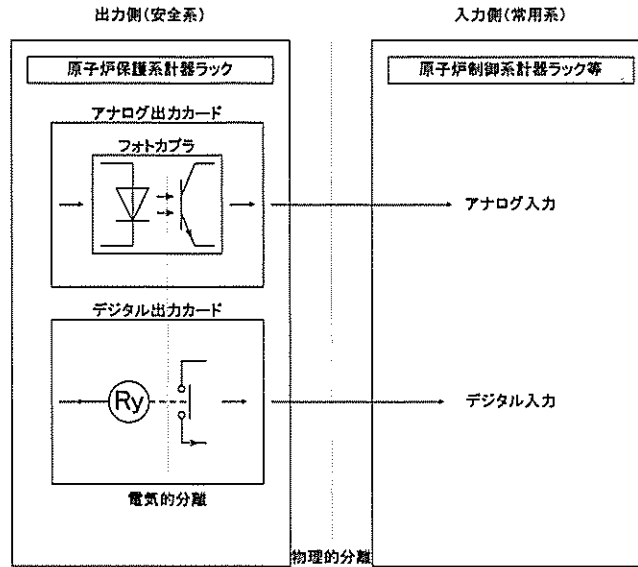
受電系統について、上位クラス施設と下位クラス施設は基本的には系統的に分離した設計としている。一部の受電系統において上位クラス施設と下位クラス施設との接続はあるが、これらの接続は遮断器を介しており、下位クラス施設の故障が生じた場合には、遮断器（上位クラス施設）の動作により事故範囲を隔離する設計としており、下位クラス施設の故障が上位クラス施設に波及することがない設計としている。



受電系統概念図

(b) 計装設備

計測制御設備について、安全保護系（上位クラス施設）と常用系（下位クラス施設）は、原則、物理的に分離した設計としている。信号を安全保護系から常用系に伝送するラインはあるが、フォトプラやリレー回路を搭載した隔離装置であるアナログ出力カード及びデジタル出力カードを介することにより、電氣的に分離しており、常用系の故障が安全保護系に波及することがない設計としている。



信号伝送における分離概念図

b. 影響評価対象の選定

a. で抽出した接続部のうち、耐震Sクラス設計の弁又はダンパにより常時閉隔離されているものは、接続する下位クラス配管が破損した場合においても健全性は確保されるため、評価対象外とする。

c. 影響評価

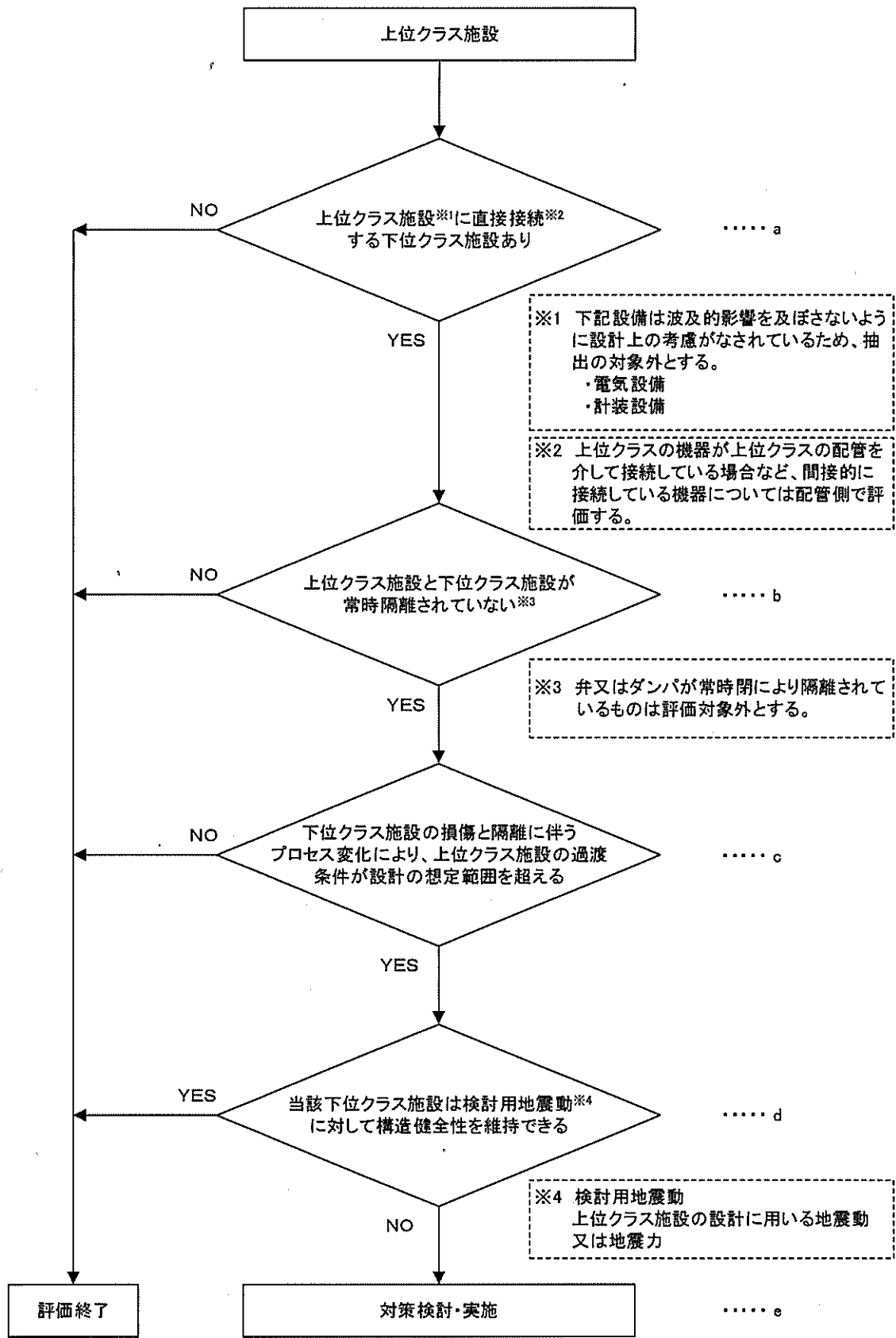
b. で抽出した下位クラス施設について、下位クラス施設が損傷した場合の系統隔離等に伴うプロセス変化による上位クラス施設の過渡条件が設計の想定範囲内であることを確認する。

d. 耐震性の確認

c. で設計の想定範囲を超えるものについて、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、構造健全性が維持され、内部流体の内包機能等の必要な機能を維持できることを確認する。

e. 対策検討

d. で上位クラス施設の機能を損なうおそれが否定できない下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して健全性を維持できるように構造の改造、接続部から上位クラス施設の配管・ダクト側に同じく健全性を維持できる隔離弁の設置等により、波及的影響を防止する。



第5-2図 上位クラス施設と接続する下位クラス施設の抽出及び評価フロー

5.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響

第5-3図のフローに従い、建屋内の上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 下位クラス施設の抽出

下位クラス施設の抽出にあたって、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な距離をとって配置されていることを確認する。離隔距離が十分でない場合には、落下防止措置等の対策を適切に実施していることを確認する。

以上の確認ができなかった下位クラス施設を、損傷、転倒及び落下等により、上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのあるものとして抽出する。

b. 損傷、転倒及び落下等に伴う波及的影響の評価

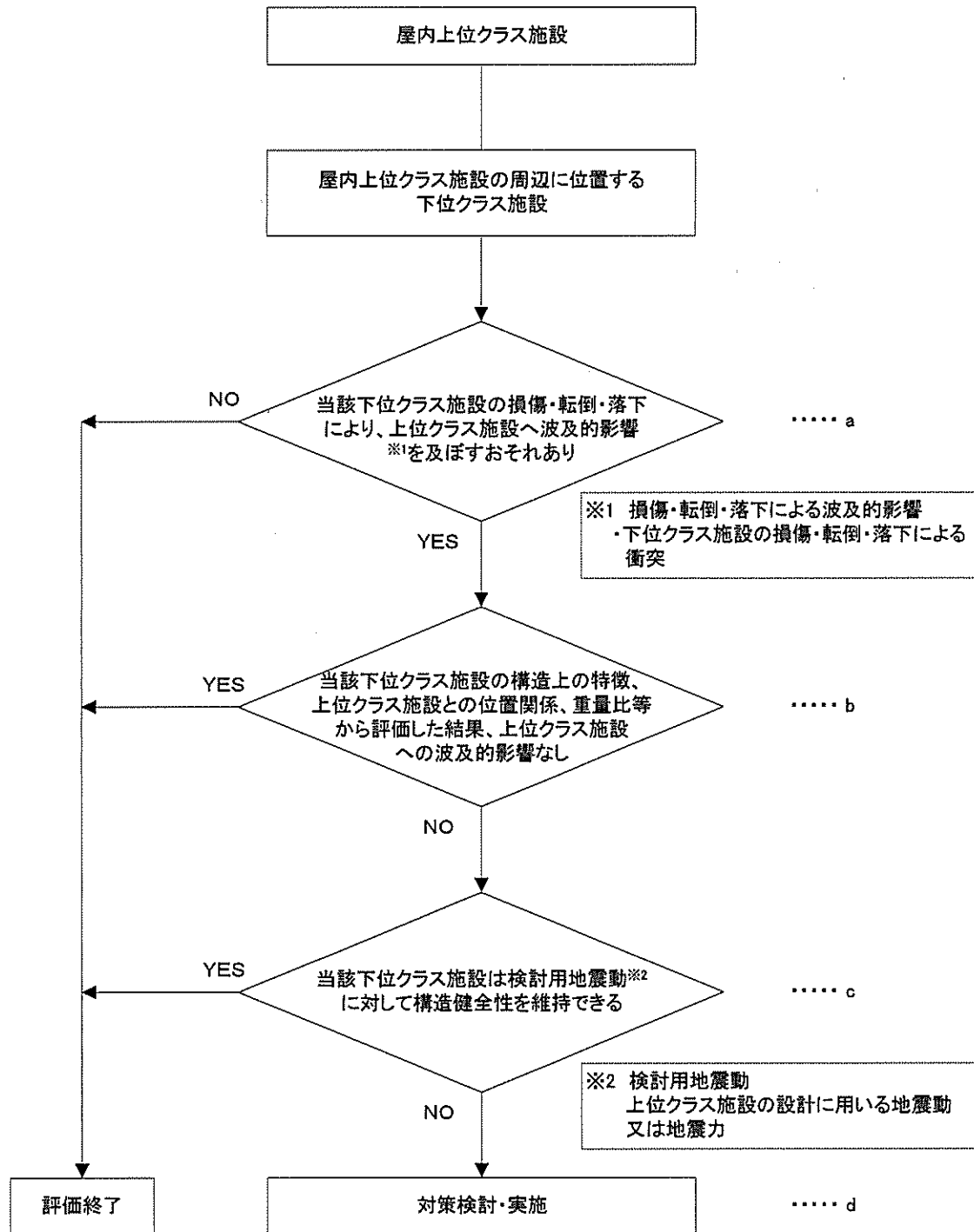
a. で抽出された下位クラス施設について、構造上の特徴、上位クラス施設との位置関係、重量比等を踏まえて、損傷、転倒及び落下等を想定した場合の上位クラス施設への影響を評価し、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

c. 耐震性の確認

b. で損傷、転倒及び落下等を想定した場合に上位クラス施設の機能への影響が否定できない下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、損傷、転倒及び落下等が生じないように、構造健全性が維持できることを確認する。

d. 対策検討

c. で構造健全性の維持を確認できなかった下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して健全性を維持できるように構造の改造、上位クラス施設と下位クラス施設との間に衝撃に耐えうる緩衝体の設置、下位クラス施設の移設等により波及的影響を防止する。



第5-3図 損傷、転倒及び落下により屋内上位クラス施設へ影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出及び評価フロー

5.4 建屋外における損傷、転倒及び落下等による影響

第5-4図のフローに従い、建屋外の上位クラス施設の周辺に位置する波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

a. 下位クラス施設の抽出

下位クラス施設の抽出にあたって、下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度の十分な距離をとって配置されていることを確認する。離隔距離が十分でない場合には、落下防止措置等を適切に実施していることを確認する。

以上の確認ができなかった下位クラス施設を、損傷、転倒及び落下等により、上位クラス施設に波及的影響を及ぼすおそれのあるものとして抽出する。

b. 損傷、転倒及び落下等に伴う波及的影響の評価

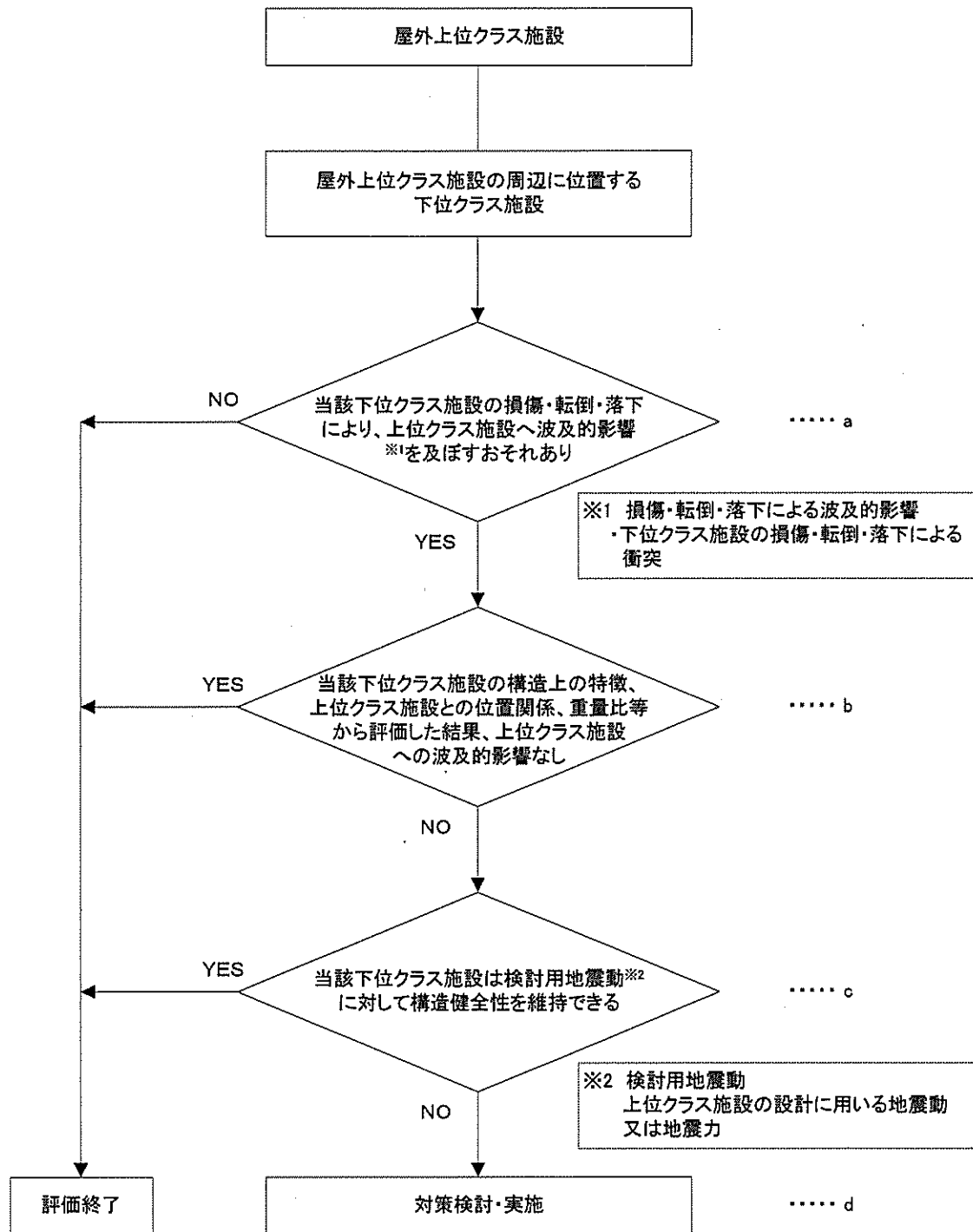
a. で抽出された下位クラス施設について、構造上の特徴、上位クラス施設との位置関係、重量比等を踏まえて、損傷、転倒及び落下等を想定した場合の上位クラス施設への影響を評価し、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

c. 耐震性の確認

b. で損傷、転倒及び落下等を想定した場合に上位クラス施設の機能への影響が否定できない下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、損傷、転倒及び落下等が生じないように、構造健全性が維持できることを確認する。

d. 対策検討

c. で構造健全性の維持を確認できなかった下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して健全性を維持できるように構造の改造、上位クラス施設と下位クラス施設との間に衝撃に耐える緩衝体の設置、下位クラス施設の移設等により波及的影響を防止する。



第5-4図 損傷、転倒及び落下により屋外上位クラス施設へ影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出及び評価フロー

6. 下位クラス施設の抽出結果

上位クラス施設への波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の抽出は、屋外施設、接続部、屋内施設に分けて実施し、屋外施設については別記2の①及び④の観点、接続部については②の観点、屋内施設については③の観点から評価対象となる下位クラス施設を抽出した。

6.1 屋外施設の評価対象の抽出

6.1.1 抽出手順

屋外上位クラス施設の配置図を第6-1図に示す（配置図上の番号は第4-1表の整理番号に該当する）。

(1) 地盤の不等沈下による影響

第5-1-1図のフローに従い、机上検討をもとに、上位クラス施設及び上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物に対して、地盤の不等沈下により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出する。

また、上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物と下位クラス施設を渡って敷設されている配管等を抽出する。

(2) 建屋の相対変位による影響

第5-1-2図のフローに従い、机上検討をもとに、上位クラス施設及び上位クラス施設の間接支持構造物である建屋に対して、建屋の相対変位により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出する。

(3) 施設の損傷、転倒及び落下等による影響

第5-4図のフローに従い、机上検討及び現地調査をもとに、上位クラス施設及び上位クラス施設の間接支持構造物である建物・構築物に対して、損傷、転倒及び落下等により影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設を抽出する。

6.1.2 抽出結果

(1) 地盤の不等沈下による影響

机上検討の結果、上位クラス施設の周囲にある下位クラス施設は、上位クラス施設と同じ岩盤上に設置されているため、上位クラス施設に対して地盤の不等沈下により波及的影響を及ぼすおそれがある下位クラス施設はないことを確認した。

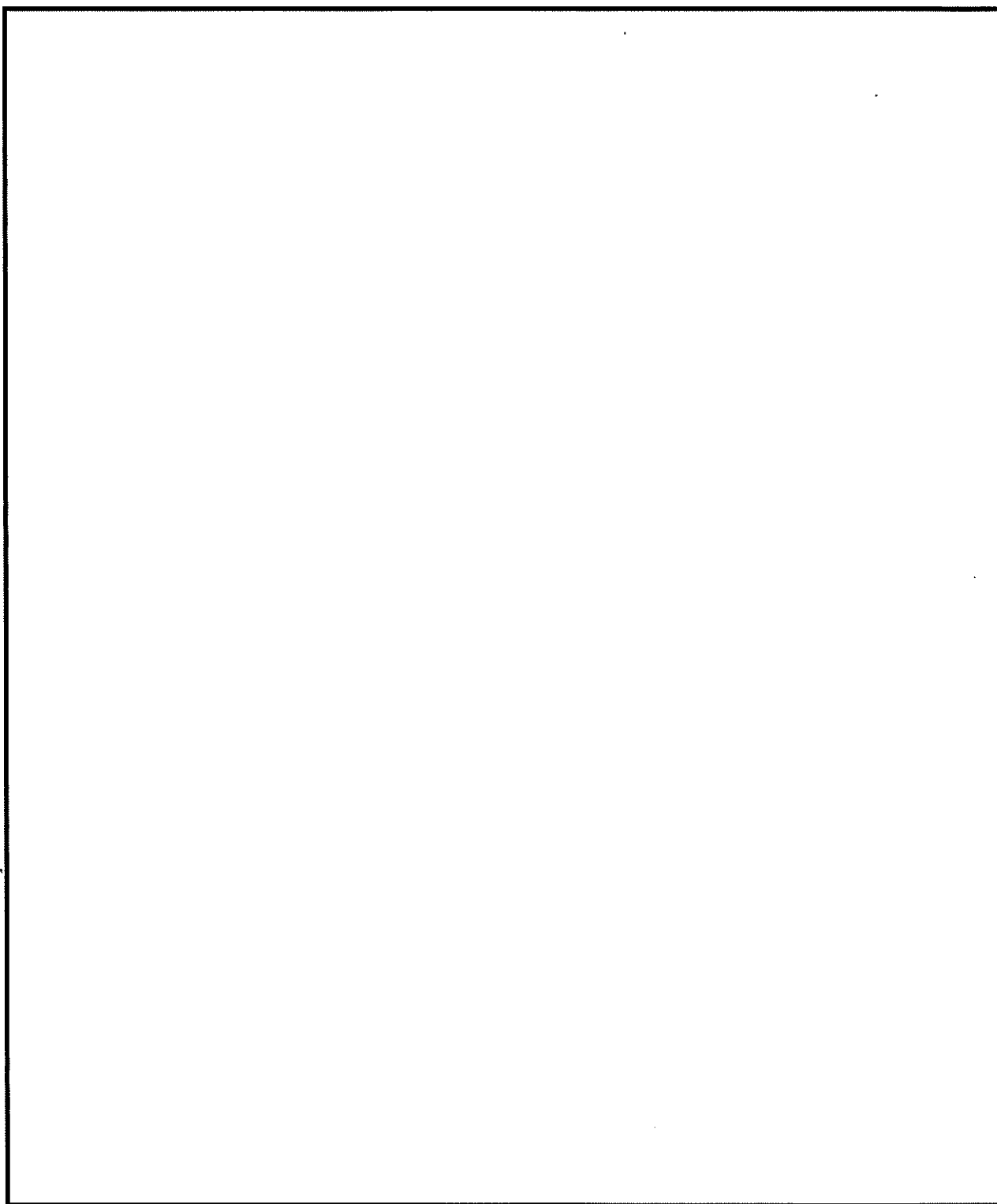
(2) 建屋の相対変位による影響

机上検討の結果、上位クラス施設の周囲にある下位クラス施設は、相対変位を考慮しても上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないよう十分な離隔をとって配置されていることを確認した。

また、今回申請範囲には上位クラスの建物・構築物と下位クラス施設を渡って敷設される配管等はないことを確認した。

(3) 施設の損傷、転倒及び落下等による影響

机上検討の結果、上位クラス施設の周囲にある下位クラス施設は、その損傷、転倒及び落下等を考慮しても上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないよう十分な離隔をとって配置されていることを確認した。



第6-1図 伊方発電所3号機 屋外上位クラス施設配置図

6.2 接続部の評価対象の抽出

6.2.1 抽出手順

第5-2図のフローに従い、机上検討をもとに、上位クラス施設と接続する下位クラス施設のうち、下位クラス施設の損傷又は隔離によるプロセス変化により上位クラス施設に影響を及ぼす可能性がある下位クラス施設を抽出する。

6.2.2 抽出結果

机上検討の結果、上位クラス施設に影響を及ぼす可能性がある下位クラス施設は無かった。

6.3 屋内施設の評価対象の抽出

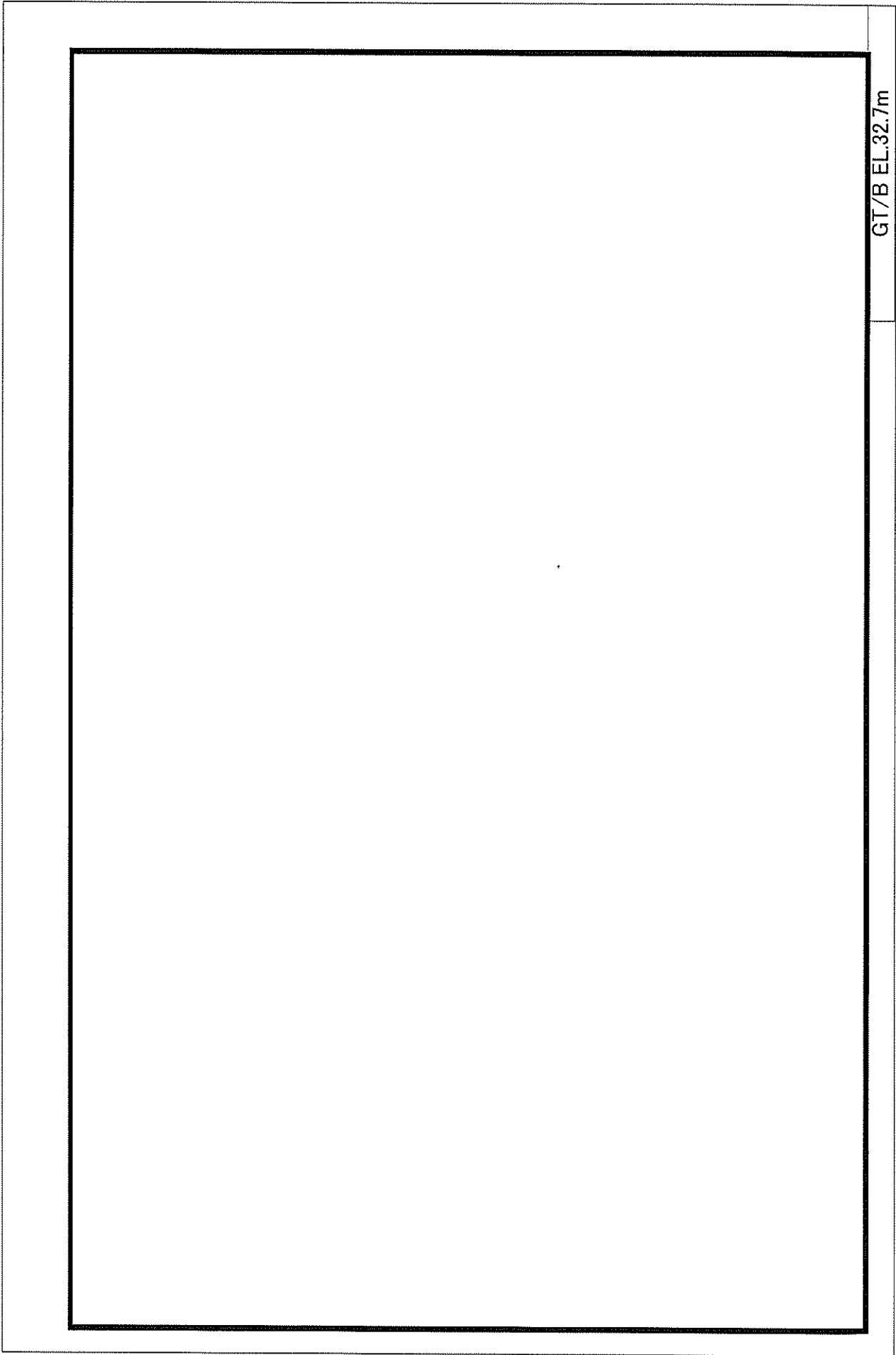
6.3.1 抽出手順

第5-3図のフローに従い、机上検討及び現地調査をもとに、屋内上位クラス施設に対して、損傷、転倒及び落下等により影響を及ぼす可能性のある下位クラス施設を抽出する。

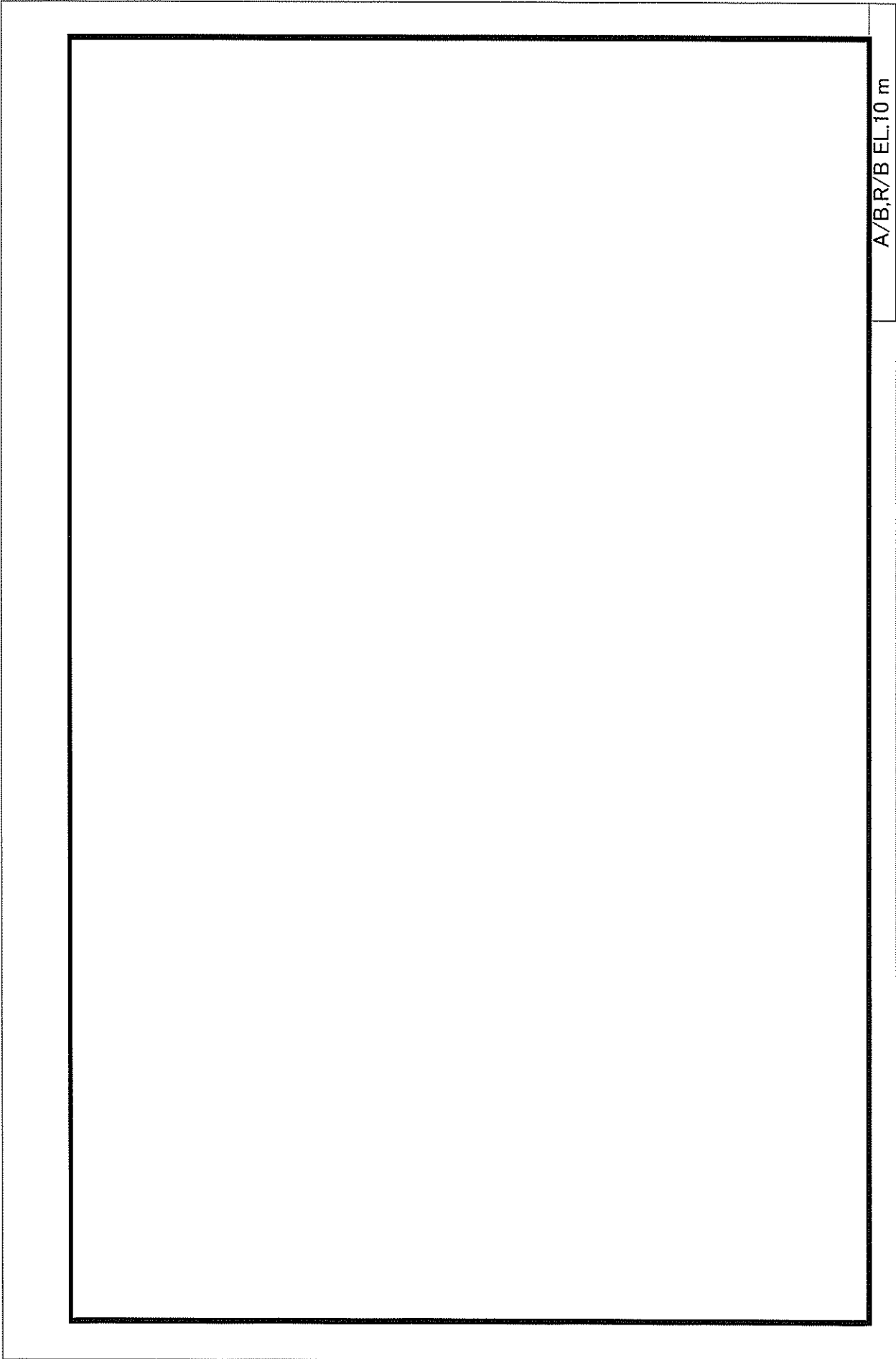
屋内上位クラス施設の配置図を第6-2図に示す（配置図上の番号は第4-2表の整理番号に該当する。）。

6.3.2 抽出結果

机上検討の結果を第6-1表に示す。上位クラス施設の周囲にある下位クラス施設はその損傷、転倒及び落下等を考慮しても上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないよう十分な離隔をとって配置されていることを確認した。



第6-1図 伊方発電所3号機 屋内上位クラス施設配置図 (1/2)



第6-1図 伊方発電所3号機 屋内上位クラス施設配置図 (2/2)

第6-1表 屋内上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設

No.	屋内上位クラス施設	設置建屋	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	波及的影響のおそれ (○:あり、×:なし)	備考
				損傷・転倒・落下	
E01	蓄電池（3系統目）	GT 建屋	—	×	
B01	蓄電池（3系統目）切換盤	原子炉補助建屋	—	×	

7. 影響評価結果

7.1 屋外施設の評価結果

6.1の抽出の結果、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として抽出されるものはなかった。

7.2 接続部の評価結果

6.2の抽出の結果、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として抽出されるものはなかった。

7.3 屋内施設の評価結果

6.3の抽出の結果、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として抽出されるものはなかった。

8. まとめ

今回申請範囲の上位クラス施設への下位クラス施設の波及的影響について、別記2に記載された事項を踏まえ、考慮すべき事象を検討した上で、発電所敷地全体を俯瞰した調査・検討を実施した結果、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設等は抽出されなかった。

3. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する
影響評価結果について

目 次

	頁
1. 検討の目的	3-1
2. 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	3-2
3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価	3-3
3.1 機器・配管系	3-3
3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方	3-3
3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針	3-4
3.1.3 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	3-4
3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	3-7
3.1.5 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	3-11
3.1.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果	3-11
別紙1 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結果	

1. 検討の目的

「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号）」（以下「技術基準」という。）にて、要求されている水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せについて、「耐震設計に係る工認審査ガイド」に示す内容を踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関し、従来の設計手法での水平1方向及び鉛直方向地震力に対する配慮に加え、設計上の配慮が必要となる可能性のあるものを抽出して影響を評価する。

耐震設計に係る工認審査ガイド（抜粋）

3.5.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せ（4.4.2及び5.5.2も同様）

水平2方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを適切に行っていることを確認する。

(1) 動的な地震力の組合せ

水平2方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せを簡易的に行う際には、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の構造、応答特性に留意し、非安全側の評価にならない組合せ方法を適用していること。

なお、各方向の入力地震動の位相特性や建物・構築物の三次元応答特性により応答の同時性を考慮する必要がある場合は、各方向の各時刻歴での応答を逐次重ね合わせる等の方法により、応答の同時性を考慮していること。

2. 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力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。

3. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する評価

3.1 機器・配管系

3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向の組合せによる設計手法では、建物・構築物の振動特性を考慮し、変形するモードが支配的となり応答が大きくなる方向（応答軸方向）に基準地震動を入力して得られる各方向の地震力（床応答）を用いている。

設備配置及び応答軸の概念図を図3.1-1に示す。

応答軸（強軸・弱軸）が明確となっている設備の耐震評価においては、水平各方向の地震力を包絡し、変形モードが支配的となる応答軸方向に入力するなど、従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方、応答軸が明確となっていない設備で3次元的な広がりを持つ設備の耐震評価においては、基本的に3次元のモデル化を行っており、建物・構築物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し、この入力により算定される荷重や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。

さらに、応答軸以外の振動モードが生じにくい構造の採用、応答軸以外の振動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮等を保守的に行うなど、水平方向の入力に対して配慮した設計としている。

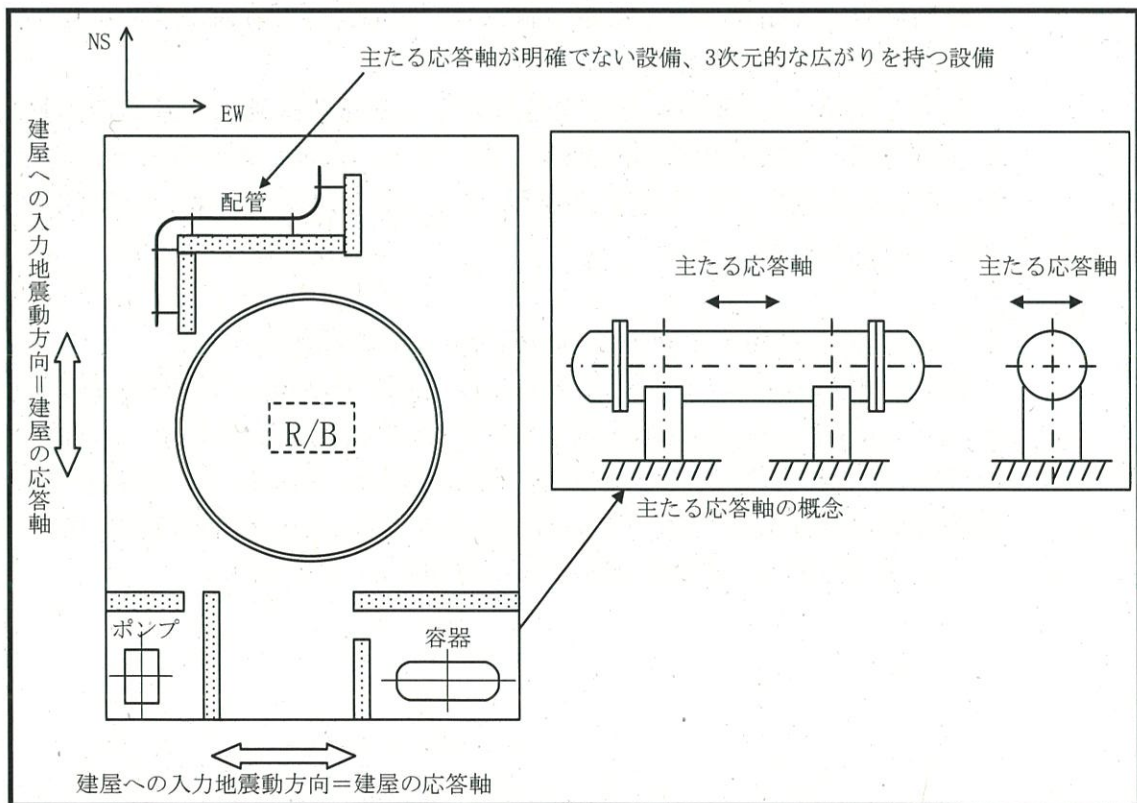


図3.1-1 設備配置及び応答軸の概念図

3.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合に影響を受ける可能性がある設備（部位）の評価を行う。

評価対象は、今回申請対象の重大事故等対処施設の機器・配管系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設備とする。

対象とする設備を機種毎に分類し、それぞれの構造上の特徴により荷重の伝達方向、その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平2方向の地震力による影響を受ける可能性のある設備（部位）を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性のある設備（部位）は、水平2方向及び鉛直方向地震力による影響の検討を実施する。水平各方向の地震力が1:1で入力された場合の発生値を従来の評価結果の荷重又は算出応力等を水平2方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる又は新たな解析等により高度化した手法を用いる等により、水平2方向の地震力による設備（部位）に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた荷重や応力の結果が従来の発生値と同等である場合は影響のない設備として抽出せず、従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は、設備が有する耐震性への影響を確認する。

設備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。

今回の水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価は、基準地震動 S_s-1 ～ S_s-3 を包絡した設計用床応答曲線により行う。また、水平各方向の地震動は、それぞれの位相を変えた地震動を用いることを基本とするが、保守的な手法も用いる場合もある。

3.1.3 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

機器・配管系において、水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可能性があり、水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な設備について、構造及び発生値の増分の観点から抽出し、影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフローを図3.1-2に示す。

① 評価対象となる設備の整理

今回申請対象の重大事故等対処施設の機器・配管系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設備を評価対象とし、代表的な機種毎に分類し整理する。(図3.1-2①)

② 構造上の特徴による抽出

機種毎に構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点、もしくは応答軸方向以外の振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備を抽出する。(図3.1-2②)

③ 発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して、水平2方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に対して、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用いて影響を検討し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また、建物・構築物の検討により、機器・配管系への影響の可能性がある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備(部位)を対象とする。(図3.1-2③)

なお、耐震評価は基本的におおむね弾性範囲で留まる体系であることに加え、国内と海外の機器の耐震解析は、基本的に線形モデルにて実施している等類似であり、水平2方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れることから、米国Regulatory Guide1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する際は、地震時に水平2方向及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとした考え方であるSquare-Root-of-the-Sum-of-the-Squares法(以下「非同時性を考慮したSRSS法」という。)を適用する。

④ 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。(図3.1-2④)

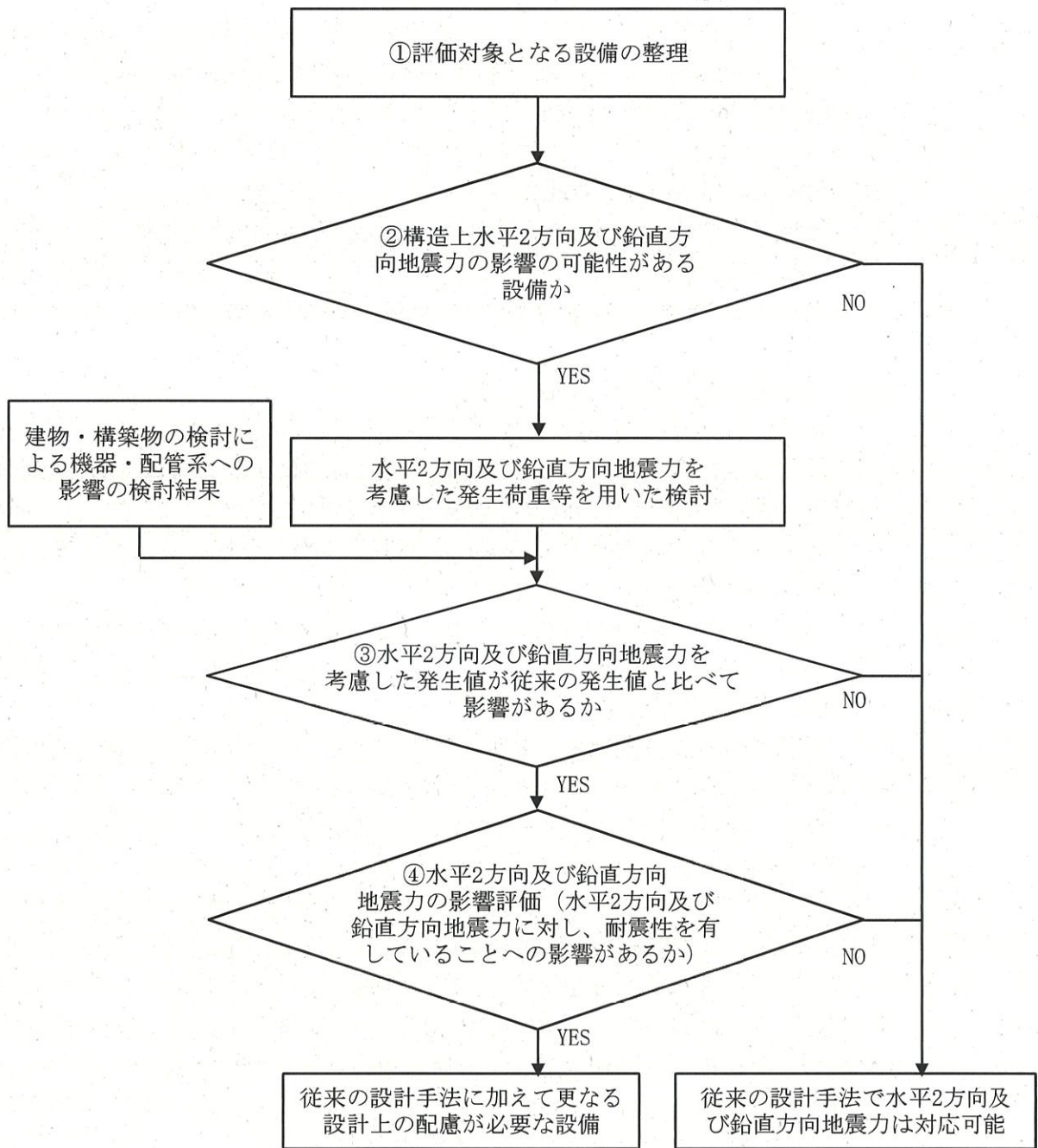


図3.1-2 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価のフロー

3.1.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を機種毎に分類した結果を表3.1-1に示す。機種毎に分類した設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から水平2方向の地震力及び鉛直方向地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性のある設備を抽出した。

表3.1-1 水平2方向及び鉛直方向入力の影響検討対象設備

設備	機種	部位
蓄電池（3系統目）	矩形構造の架構設備	基礎ボルト、フレーム
蓄電池（3系統目）切換盤	壁掛け式電気盤	据付ボルト

(1) 水平2方向の地震力が重複する観点

水平1方向の地震力に加えて、さらに水平直交方向に地震力が重複した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出する。以下の場合、水平2方向の地震力による影響が軽微な設備であると整理した。(別紙1-1参照)

- a. 水平2方向の地震力を受けた場合でも、その構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの
今回申請設備の各部位について、該当するものは無い。
- b. 水平2方向の地震力を受けた場合、その構造により最大応力の発生箇所が異なるもの
今回申請設備の各部位について、該当するものは無い。
- c. 水平2方向の地震を組み合わせても水平1方向の地震による応力と同等といえるもの
今回申請設備の各部位について、該当するものは無い。
- d. 従来評価にて保守性を考慮しており、水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を考慮しても影響が軽微であるもの
今回申請設備の各部位について、該当するものは無い。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じ、さらに新たな応力成分が作用する可能性のある設備を抽出する。

機器・配管系の設備について、一般的な補機の場合は水平方向の各軸方向に対して均等な構造となっており、評価上有意なねじれ振動等は発生しない。

(3) 地震力を水平2方向入力としたことによる発生応力等の増分の観点

(1) (2)にて影響の可能性のある設備について、水平2方向の地震力が各

方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応力を求め、従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

水平1方向に対する水平2方向の地震力による発生値の増分の検討は、機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を対象とする。水平2方向の地震力の組合せは米国Regulatory Guide1.92の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として非同時性を考慮したSRSS法により組合せ、発生値の増分を算出する。増分の算出は、従来の評価で考慮している保守性により増分が低減又は包絡されることも考慮する。

- ・従来の評価データを用いた簡易的な算出や、地震・地震以外の応力に分離可能なものは地震による発生値のみを組み合わせ、地震以外の応力と組み合わせ算出する。
- ・設備（部位）によっては解析等で求められる発生荷重より大きな設計荷重を用いているものもあるため、上記組合せによる発生値を設計荷重が上回ることを確認したものは水平2方向の地震力による発生値の増分はないものとして扱う。
- ・応答軸が明確な設備で、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へ地震力を入力している場合は、耐震性への影響が懸念されないものとして扱う。

矩形構造の架構設備及び壁掛け式電気盤は、応答軸が明確な設備であり、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へ地震力を入力しているため、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

3.1.5 建物・構築物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

建物・構築物の影響評価において、機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

3.1.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

3.1.4(1)及び(2)で抽出した結果を別紙1-1、3.1.4(3)で抽出した機種毎の分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震裕度が小さい設備（部位）を別紙1-2に示す。

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結果

①・②機器・配管系の耐震評価における水平2方向及び鉛直方向入力の影響有無整理結果

表1 構造強度評価

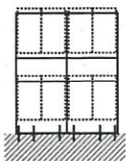
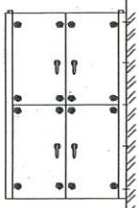
設備	部位	応力分類	①-1 水平2方向の地震力の影響の有無(3.1.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震力を組み合わせても1方向の地震力による応力と同等といえるもの D：従来評価にて保守性を考慮しており水平2方向の地震力を考慮しても影響が軽微であるもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点(3.1.4項(2)に対応) 振動モード及び左記の振動モードの新たな応力成分の発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの新たな応力成分が発生しないこと理由
矩形構造の架構設備 	フレーム	一次応力(引張、せん断、圧縮、曲げ、組合せ)	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
	基礎ボルト	引張	△	A	基礎ボルト・取付ボルトは矩形配置であり、水平2方向の入力で対角方向に転倒することはなく、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		せん断	○	-	水平地震力はベースプレート取付面の摩擦力により取付部に伝達することを基本としている。ここで、水平地震力が上回るものに対しては、基礎ボルト全断面で水平荷重を負担するため、水平2方向入力の影響がある。		
		組合せ	○	-	許容応力が低減することから影響が生じる。		
壁掛け式の電気盤 	据付ボルト	引張	○	-	水平2方向入力の影響がある。		
		せん断	△	A	水平1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せん断方向に生じないため、水平2方向入力の影響は軽微である。	×	-
		組合せ	○	-	水平2方向入力の影響がある。		

表2 動的機能維持評価

機種	①-1 水平2方向の地震力の重複による影響の有無 (3.1.4項(1)に対応) ○：影響あり △：影響軽微	影響軽微とした分類 A：構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B：構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C：水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの D：従来評価にて保守性を考慮しており水平2方向の地震力を考慮しても影響がないといえるもの	①-1の影響有無の説明	①-2 水平方向とその直交方向が相関する振動モード (ねじれ振動等) が生じる観点 (3.1.4項(2)に対応)	
				振動モードの発生有無 ×：発生しない ○：発生する	左記の振動モードの影響がないことの理由
壁掛け式の電気盤	△	A	電気盤に取り付けられているリレー等の電気品は、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、器具の非線形応答はない。したがって、電気品は水平1方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平2方向入力の影響は軽微である。【別紙1-1補足①】	×	—

* JEAG4601で定められた評価部位の余裕度評価。

③水平2方向及び鉛直方向の地震力による代表設備の増分影響検討結果（構造強度）

設備	応答軸が明確か（3.1.4項(3)に対応） ○：応答軸が明確 ×：応答軸が明確でない設備 【別紙1-2補足①】	代表設備名	評価部位	応力分類	従来発生値 （水平1方向及び鉛直方向）	発生値 （水平2方向及び鉛直方向）	発生値の増分 （＝発生値（水平2方向及び鉛直方向）÷従来発生値（水平1方向及び鉛直方向））	増分の判定 ○：影響が軽微 ×：影響が無視できない	発生値（水平2方向）の算出方法 （3.1.4項(3)に対応するが、発生値の組合せ方法はより詳細な区分としている。） ①：応力をSRSS（必要に応じて地震・地震以外に分離） ②：X・Y方向別々の応力をSRSS（地震・地震以外は分離せず） ③：X・Y方向別々の地震による応力をSRSSし、地震以外の応力と足し合わせ ④：標準設計荷重が水平2方向荷重を上回ることを確認（発生値、裕度は従来から不変） ⑤：その他（算出方法を記載）
矩形構造の架構設備	○	-	-	-	-	-	-	-	-
壁掛け式の電気盤	○	-	-	-	-	-	-	-	-

*基礎ボルトにせん断力が作用するか評価するために摩擦力と水平地震力の比較を行う。

水平2方向同時加振の影響について
(電気盤)

1. はじめに

本資料は、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。

2. 水平2方向加振の影響について

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。

なお、念のために既往研究等において、電気盤の器具取付位置の応答加速度に対し、器具の確認済加速度が十分に高いことも確認している。

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。

2.1 補助リレー

図1に補助リレーの構造を示す。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可動鉄心を動作させ、接点の開閉を行うものである。

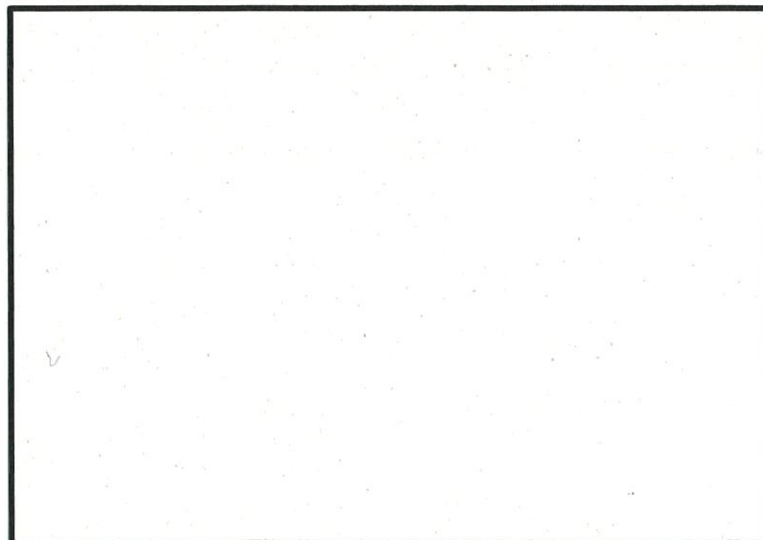


図1 補助リレーの構造図

(コイル非励磁(OFF)状態：B接点がON, A接点がOFFとなっている。コイル励磁(ON)状態にすると、可動鉄心及び可動接点（青色部）が電磁力により図左側へ移動し、B接点がOFF, A接点がONとなる。)

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、可動鉄心、並びに可動接点は器具の前後方向にのみ動くことのできる構造となっていることから、器具の誤動作モードとしては、

- ・地震力で可動鉄心（可動接点）が振動することにより、接点が誤接触、又は誤開放である。

実地震動は3次元的な振動であるが、補助リレーは取付部をボルト固定していること、また、器具の可動部は前後方向にのみ振動することから、3次元的な影響はないものと考えられる。

参考として、発生加速度と補助リレーの既往試験における確認済加速度及び試験結果は以下のとおりである。

方向	前後	左右	上下
発生加速度 (G)	2.67	2.67	0.55
確認済加速度 (G)	6.0 (△)	15.0 (○)	3.0 (○)

(注) 確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

2.2 ノーヒューズブレーカ (NFB)

図2にNFBの内部構造及び開閉機構を示す。NFBは瞬時に開閉することが要求されていることから、リンク機構が採用されている。過電流を自動遮断した場合には把手がトリップ位置となり、トリップ状態であることがわかるようになっている。また、NFBはボルトにて、盤の梁に強固に取り付けられている。

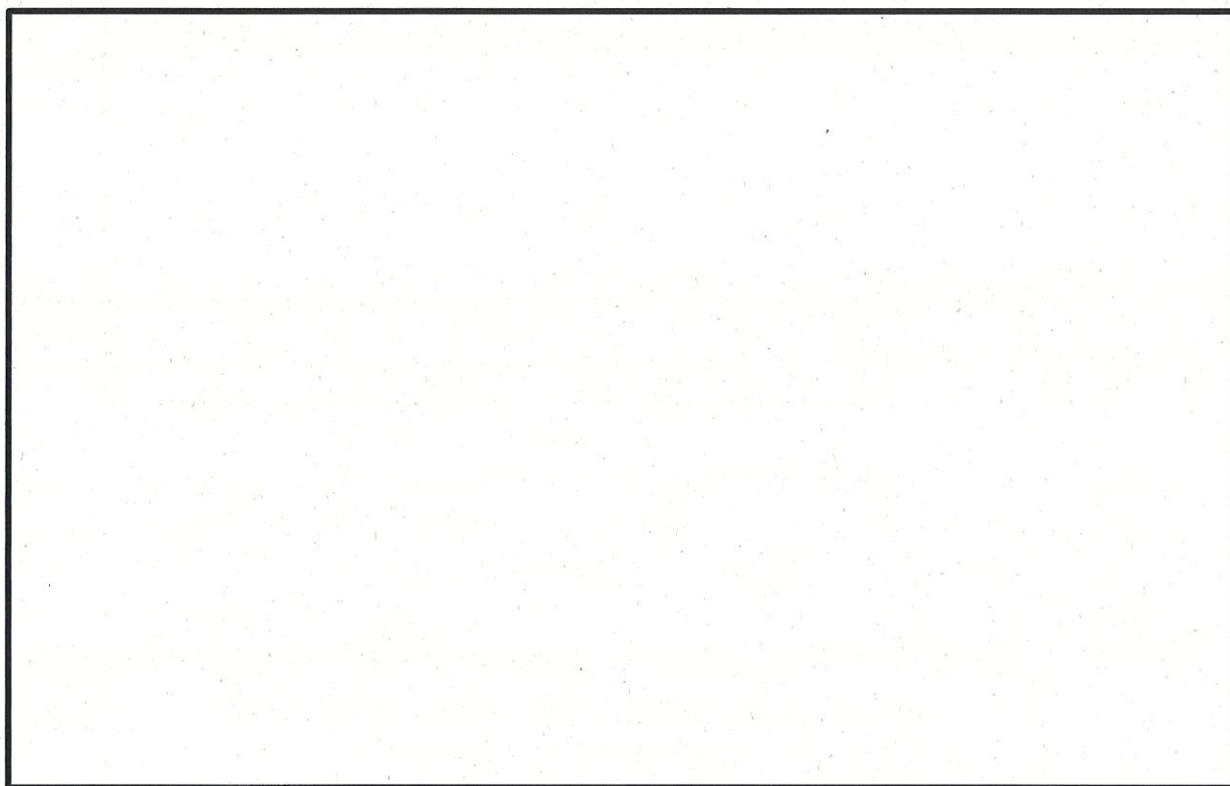


図2 NFBの構造

図2から、器具の誤動作モードとしては、

- ・把手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）

が考えられる。

上記より、NFB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、把手は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に多次元的な影響はないものと考えられる。

ラッチ外れについては2軸の影響は無視できないと考えられるが、水平方向、鉛直方向ともに十分な加速度で機能維持が確認できていること、既往試験の事象は接点乖離によるONからOFFへの動作であることから、考慮すべき事象ではないと考えられる。なお、既往試験においては、把手の移動に起因する誤動作事象は発生していない。

参考として、発生加速度とNFBの既往試験における確認済加速度及び試験結果は以下のとおりである。

方向	前後	左右	上下	備考
発生加速度 (G)	2.67	2.67	0.55	
確認済加速度 (G)	12.0 (○)	12.0 (○)	8.0 (○)	
	15.0 (○)	12.0 (△)	2.0 (○)	メタクラ非搭載品 (参考)

(注) 確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

2.3 ロックアウトリレー

図3に外形を示す。ロックアウトリレーは保護リレー等からの信号を受けた場合、シャフトが回転し、盤外側のハンドルも倒れ、その状態が維持される。また、ロックアウト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。

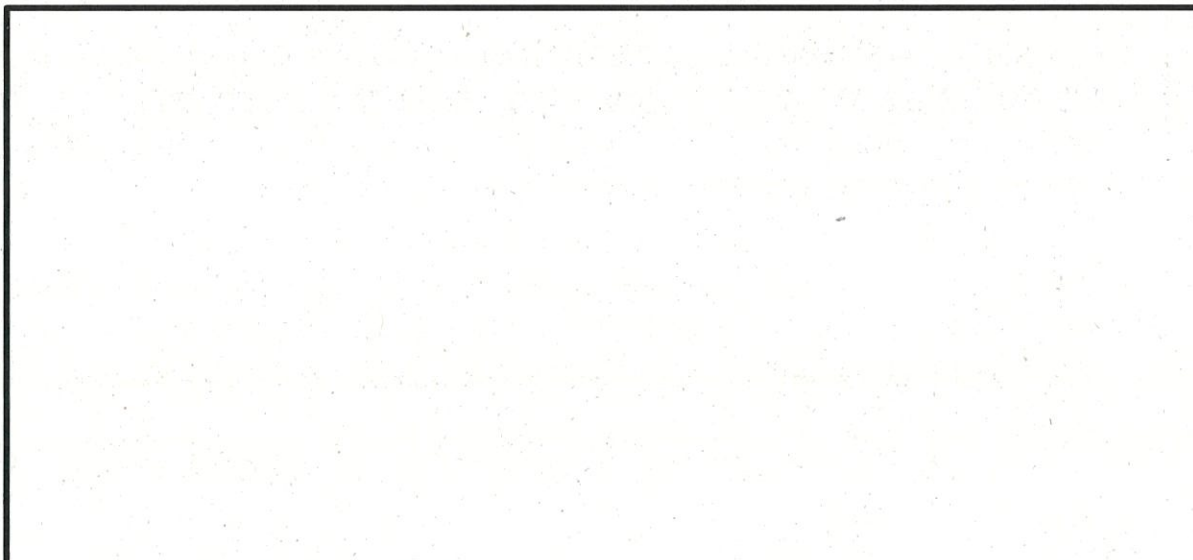


図3 ロックアウトリレー外形

図3から、器具の誤動作モードとしては、

- ・可動接点が振動し、接点乖離、接点接触が生じる（左右方向）から、機能維持について多次元的な影響はないものと考えられる。

参考として、発生加速度とロックアウトリレーの既往試験における確認済加速度及び試験結果は以下のとおりである。

方向	前後	左右	上下
発生加速度 (G)	2.67	2.67	0.55
確認済加速度 (G)	15.0 (○)	9.0 (△)	3.5 (○)

(注) 確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

2.4 過電流リレー（保護リレー）

図4に構造を示す。過電流リレーは円盤型リレーとヒンジ型リレーから成っており、このうち円盤型リレーは円盤の電磁力が反力ばねの力に打ち勝ち、回転し可動接点と固定接点が閉となり動作する。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。

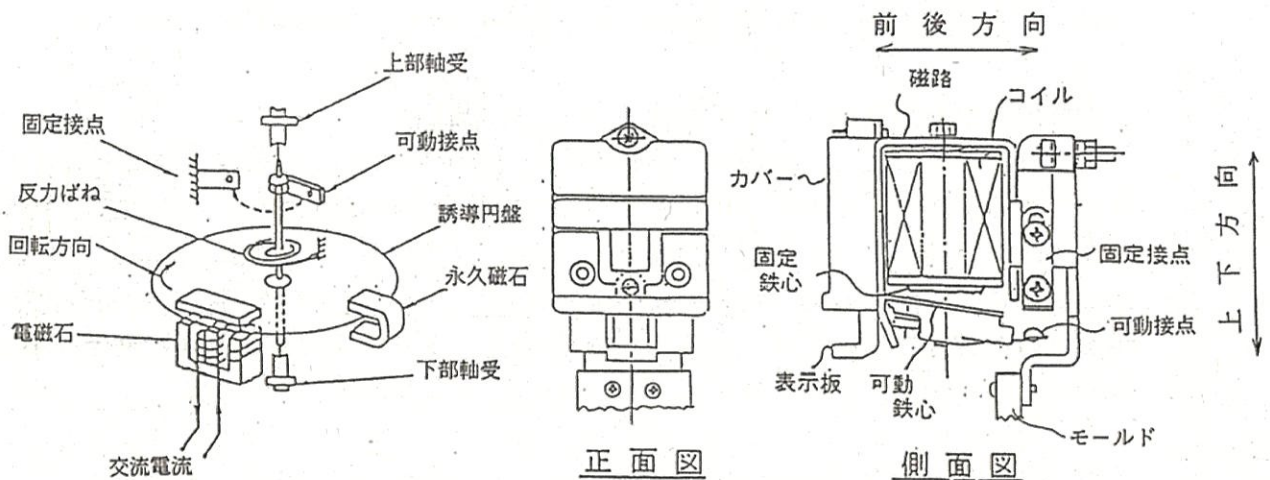


図4 過電流リレー構造図 左：円盤型リレー 右：ヒンジ型リレー

図4から、器具の誤動作モードとしては、

- ・可動接点が振動し、接点乖離が生じる（前後、左右方向：円盤型リレー）
- ・誘導円盤が磁石等に接触し、固渋する（上下方向：円盤型リレー）
- ・可動接点が振動し、接点乖離、接触が生じる（左右方向、上下方向：ヒンジ型リレー）

が考えられる。ただし、ヒンジ型リレーの左右－上下の接点接触、乖離は各々独立であること（左右方向はずれ、上下方向は接触－非接触による）から、誤動作に至る事象に多次元的な影響はないものと考えられる。

参考として、発生加速度と過電流リレーの既往試験における確認済加速度及び試験結果は以下のとおりである。

方向	前後	左右	上下
発生加速度 (G)	2.67	2.67	0.55
確認済加速度 (G)	8.3 (○)	7.6 (○)	1.3 (△)

(注) 確認済加速度は加振試験の条件により求められた値を「(○)」で、器具の機能限界（誤動作）により求められた値を「(△)」でそれぞれ表中に記載する。

水平2方向の地震力を考慮した場合でも設備の有する
耐震性に対して影響がないことについて
～応答軸が明確である設備～

1. はじめに

本資料は、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がないことを説明するものである。

2. 設備の有する耐震性に対して影響がないことの説明

従来設計手法として、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を有した設備があり、このような設備については解析上の地震力の入力をNS方向・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を用いてX方向及びY方向から入力し、最も大きな評価結果を用いる等、保守的な評価を実施している場合がある。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える。その理由を以下に示す。

● 設備の有する耐震性に対して影響がないことの理由

応答軸（設備の弱軸・強軸）の方向、あるいは厳しい応力が発生する向きが明確である設備にて、建物・構築物の応答であるNS・EW方向の応答を機器の応答軸（図1のX、Y方向）へ入力している場合、水平1方向入力としては当然厳しい入力を用いた評価がなされていると考える。さらに、機器の配置方向とは無関係に機器の応答軸へ地震力を入力している設備や水平方向を包絡した応答を用いるなどの保守性も考慮している。

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である設備について、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、これらはそれぞれの応答軸方向に応答が分解され、強軸側の応答は十分に小さくなることから、実質的には弱軸方向に1方向を入力した評価で用いている応答レベルと同等となる。

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。

なお、2. で述べたとおり、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である設備について、設計手法として、地震力の入力をNS方向・EW方向を包絡した地震力（床応答曲線など）を用い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。

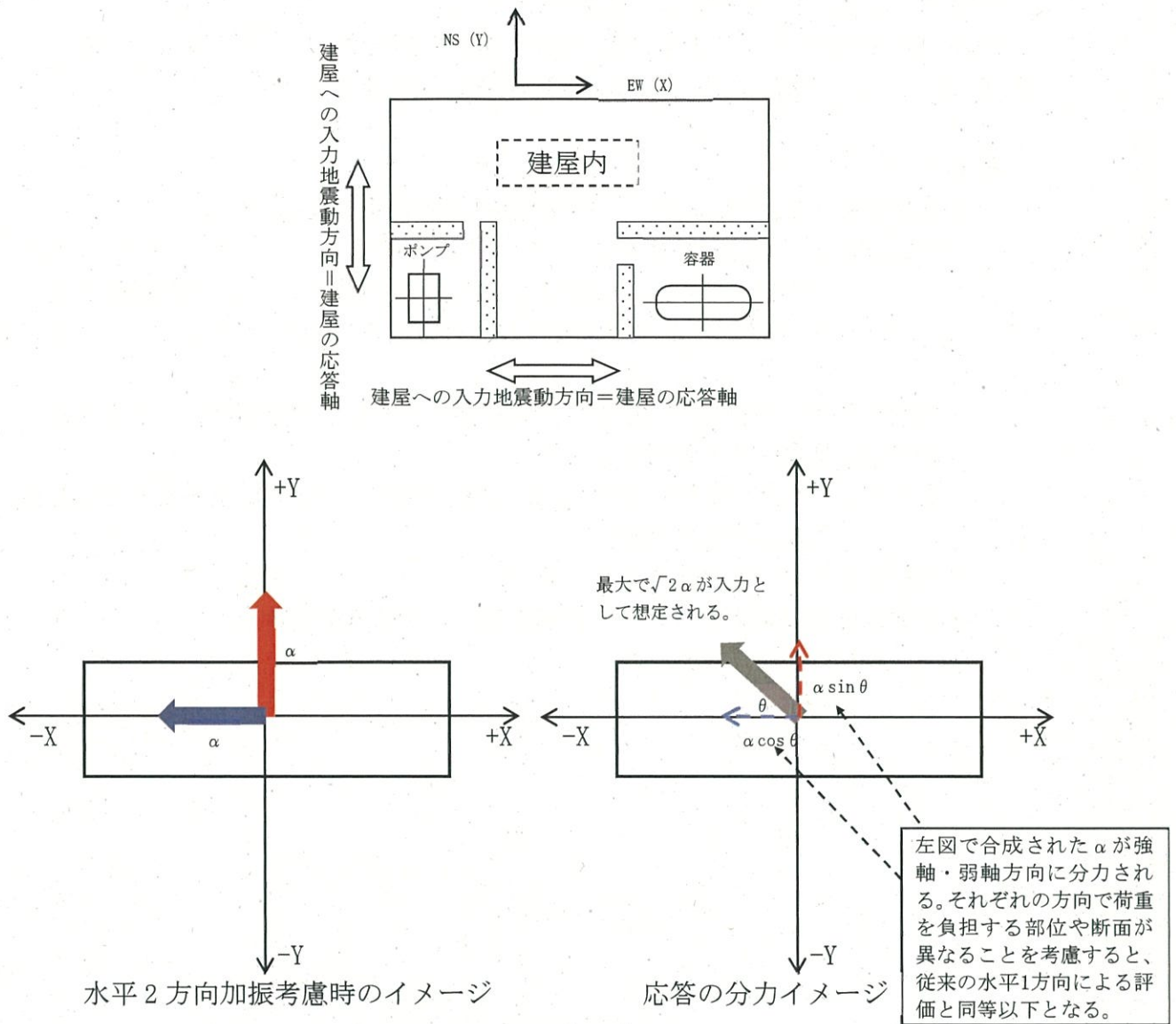


図1 水平2方向加振考慮時の応答イメージ

● 本考え方が適用可能である設備（部位）例

本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。別紙に本考え方が適用可能である設備の例を示す。

3. 影響軽微であることの解析による確認結果

弱軸・強軸方向を有する矩形構造の3次元梁モデルを用いて、影響軽微であることを解析による確認を実施した。以下に検討内容及び検討結果を示す。

● 検討内容

評価検討モデルを図2に示す。検討方法及び検討条件を以下に示す。

- ・ 検討方法：水平地震力1Gを、 0° 方向（以下「X方向」という。）及び 0° と 90° 方向（以下「XY2方向」という。）へ入力し、X方向加振時の弱軸方向の応答がXY方向加振時の弱軸方向の応答を上回らないことを確認する。
- ・ 検討モデル：架構構造（型鋼にて構成された構造）を梁要素にてモデル化
- ・ 拘束点：機器下端の基礎ボルト点
- ・ 荷重条件：モデル座標のX方向（またはX方向及びY方向）に全周期帯で応答値が1Gの床応答曲線
- ・ 解析手法：スペクトルモーダル解析
- ・ 対象部位及び応力：架台（支持構造物）に対する応答荷重

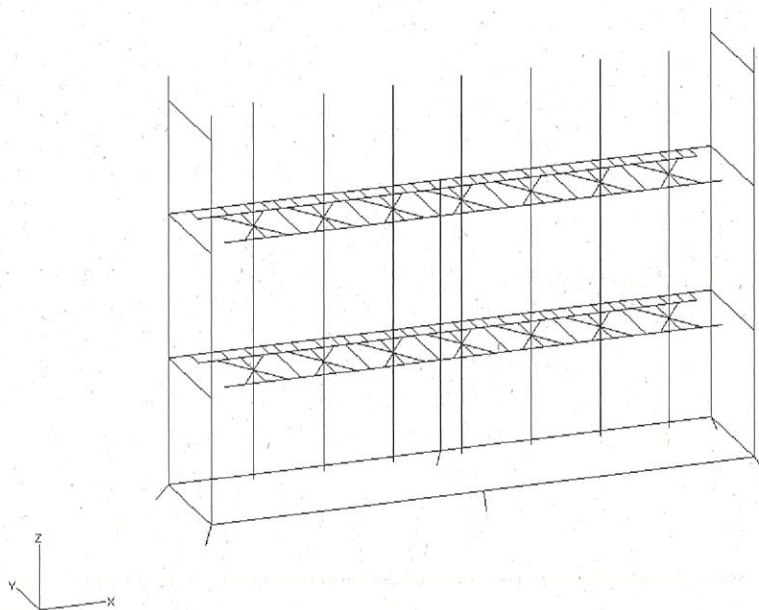


図2 評価検討モデル

● 検討結果

支持構造物の支配的な荷重は水平地震力による曲げモーメントである。さらに部材評価における弱軸（弱断面）方向の荷重であるX軸まわりのモーメントコンターを代表として図3、図4に示す。

さらにX方向加振時と水平各方向1：1を想定したXY2方向加振時における曲げモーメントの比較を表1に示す。

表1より、X方向加振時とXY2方向加振時の弱軸方向のモーメントは同等となっている。ただし、これは水平各方向が1：1で同時に最大値が入力された場合であり、本来の地震動の同時性を考慮すると、更にXY2方向加振時の荷重は小さくなる。

XY2方向加振時においては、強軸方向のモーメントがX方向加振時より大きな値が発生しているが、これは強軸方向の応答が励起されたために算定されたものであり、図5に示すとおり、部材はH鋼などの鋼材であり、曲げモーメントに対して各方向に対する応力評価断面を有していることから、応力を負担する断面が異なることとなり、評価は独立に扱うことができる。

したがって、応答軸が明確である設備については、図1に示すベクトル分解が荷重ベースにおいても生じることから、水平2方向を考慮した場合においても設備の有する耐震性に影響を与えないことが確認できた。さらに、入力に水平各方向の応答加速度を各周期毎に最大値をとるよう包絡した床応答曲線を用いている場合もあり、その場合はさらに影響は小さくなる。

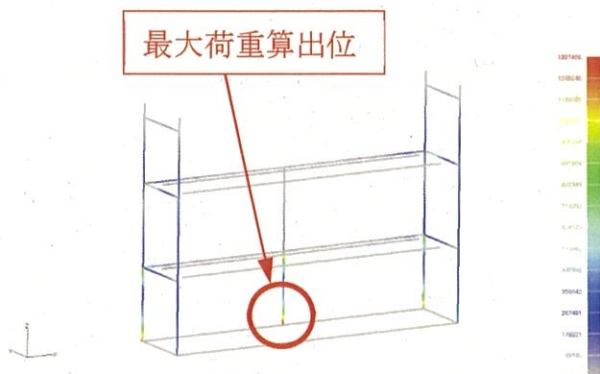


図3 水平地震時モーメントコンター図
(X方向)

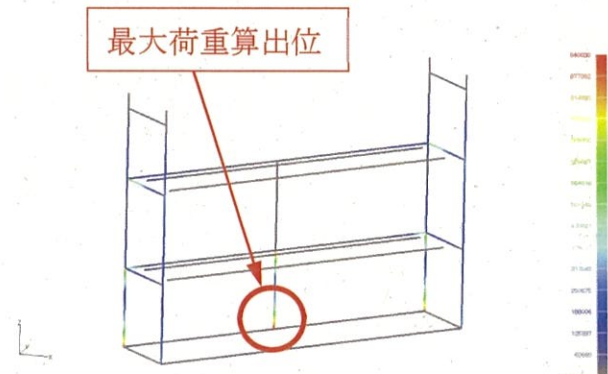


図4 水平地震時モーメントコンター図
(XY2方向)

表1 弱軸方向の最大曲げモーメント

	曲げモーメント (弱軸) (N・mm)	【参考】 曲げモーメント (強軸) (N・mm)
X方向加振	1.3×10^6	0.02×10^6
XY2方向加振	1.3×10^6	1.5×10^6

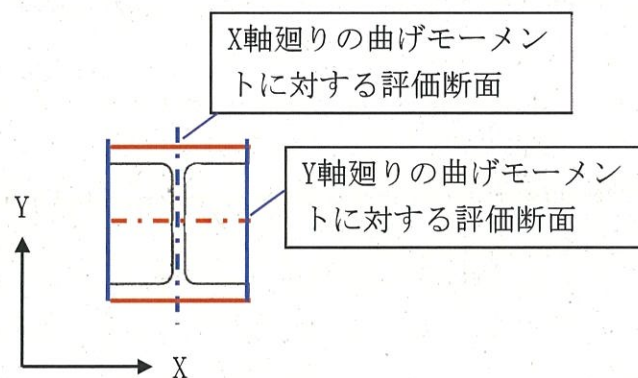
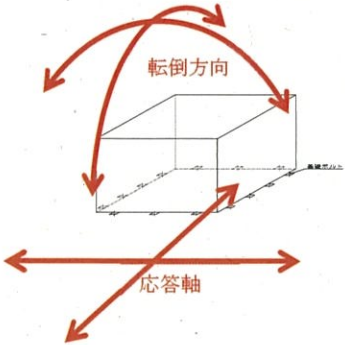


図5 部材断面

別紙 応答軸が明確な設備について

設備	構造図	説明	備考
矩形構造の架構設備、壁掛け式の電気盤	 <p>The diagram shows a 3D perspective of a rectangular box. Two red curved arrows originate from the top edge of the box, curving over the top and pointing downwards at the opposite corners, labeled '転倒方向' (Overturning direction). Below the box, two red arrows originate from a central point: one is horizontal and points to the left, the other is diagonal and points towards the bottom-left, both labeled '応答軸' (Response axis).</p>	矩形構造の架構設備、壁掛け式の電気盤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、その方向に地震を入力した評価を実施している。	NS・EW包絡FRSを用いている。