

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密または
防護上の機密に属しますので公開できません。

資料 2-2

伊方発電所 3 号機
非常用ガスタービン発電機設置工事
工事計画認可申請に係る補足説明資料

令和 2 年 1 月
四国電力株式会社

目 次

補足1	火災防護に関する補足説明資料	1
補足2	溢水防護に関する補足説明資料	22
補足3	耐震性に関する補足説明資料	47
補足3-1	機器・配管系の耐震評価手法について	48
補足3-2	下位クラス施設の波及的影響の検討について	58
補足3-3	建物・構築物の地震応答解析について	90
補足3-4	建物・構築物の耐震計算について	304
補足3-5	非常用ガスタービン発電機ガスタービンの 動的機能維持評価について	464
補足3-6	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	524
補足3-7	非常用ガスタービン発電機建屋の耐震設計について	566
補足4	添付図面	570

火災防護に関する補足説明資料

目 次

	頁
1. 基本事項に係るもの	資 5 補-1
1.1 非常用ガスタービン発電機設備の配置を明示した図面	資 5 補-2
2. 火災の発生防止に係るもの	資 5 補-6
2.1 潤滑油及び燃料油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度に ついて	資 5 補-6
2.2 燃料油の引火点と使用環境温度	資 5 補-7
2.3 保温材の使用状況について	資 5 補-8
2.4 建屋内装材の使用状況について	資 5 補-10
2.5 難燃ケーブルの使用について	資 5 補-13
3. 火災の感知及び消火に係るもの	資 5 補-15
3.1 全域ハロン自動消火設備について	資 5 補-15
3.2 火災防護設備に係る耐震及び強度評価について	資 5 補-18
4. 火災防護計画に係るもの	資 5 補-19
4.1 火災防護計画に定め管理する事項について	資 5 補-19

1. 基本事項に係るもの

1.1 非常用ガスタービン発電機設備の配置を明示した図面

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書3. に示す非常用ガスタービン発電機を構成する設備（以下「非常用ガスタービン発電機設備」という。）の配置を説明するために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

非常用ガスタービン発電機設備の配置を、次頁以降の図に示す。

伊方発電所第3号機	非常用ガスタービン発電機 設備の配置を明示した図面 (1/4)	四国電力株式会社
-----------	------------------------------------	----------

伊方発電所第3号機	非常用ガスタービン発電機 設備の配置を明示した図面 (2/4)	四国電力株式会社
-----------	------------------------------------	----------

伊方発電所第3号機	非常用ガスタービン発電機 設備の配座を明示した図面 (3/4)	四国電力株式会社
-----------	------------------------------------	----------

伊方発電所第3号機	非常用ガスタービン発電機 設備の配置を明示した図面 (1/1)	四国電力株式会社
-----------	------------------------------------	----------

2. 火災の発生防止に係るもの

2.1 潤滑油及び燃料油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.1(2)a.項に示す火災区域（区画）内に設置する油内包機器に使用している潤滑油及び燃料油は、その引火点が油内包機器を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性蒸気とならないことを説明するため、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について、以下に示す。

(3) 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

非常用ガスタービン発電機設備を設置する火災区域（区画）内に設置する油内包機器に使用している潤滑油の引火点が、各火災区域（区画）の室内温度（空調設計上の上限値である室内設計温度）及び機器運転時の潤滑油温度（運転時の最高使用温度）に対し十分高いことを確認した。

表 2-1 に主要な潤滑油内包機器に使用している潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度を示す。

表 2-1 主要な潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

潤滑油品種	潤滑油内包機器	引火点 [°C]	室内温度 [°C]	機器運転時の 潤滑油温度 [°C]
出光αタービン オイル 26	非常用ガスタービン 発電機ガスタービン (機関)	262	40	105
タービン油 2種 ISO VG46	非常用ガスタービン 発電機、燃料油移 送ポンプ 3号	232	40	90

2.2 燃料油の引火点と使用環境温度

火災区域内にて使用する燃料油であるA重油の引火点は約60°Cであり、非常用ガスタービン発電機室の室内設計温度である40°C^{※1}に対し十分高いことを確認した。

※1：非常用ガスタービン発電機室は、機器の発熱量を考慮したうえで換気空調設備により室温が40°C以下となるように設計している。室内機器の発熱量と換気量を表2-2、2-3に示し、室内温度の計算結果を示す。

表 2-2 非常用ガスタービン発電機室発熱量^{※2}

発熱体	発熱量 (kW)
非常用ガスタービン発電機	約 113
非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ	約 1
合 計 (=Q)	約 114

※2 ガスタービン発電機運転時の発熱量

表 2-3 換気量

ファン	換気量 (m ³ /min)
エンクロージャ換気ファン	900
非常用ガスタービン発電機室排気ファン	200
合 計 (=V)	1100

$$\text{室内温度} = \frac{Q \times 60}{\rho \times V \times C_p} + T \approx 38.7^\circ\text{C}$$

$$\left(\begin{array}{l} \rho : \text{空気の密度 (1.1 kg/m}^3\text{)} \\ C_p : \text{空気の比熱 (1.0 kJ/(kg}\cdot^\circ\text{C))} \\ T : \text{設計用外気温度 (33}^\circ\text{C)} \\ Q : \text{発熱量 (114kW)} \\ V : \text{換気量 (1100m}^3\text{/min)} \end{array} \right)$$

2.3 保温材の使用状況について

(1) 目的

本資料は、非常用ガスタービン発電機設備に使用する保温材が不燃性材料であることを、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.2(1)b.項及び本資料の別紙1のフローに基づき確認した不燃性材料を使用することを示すために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

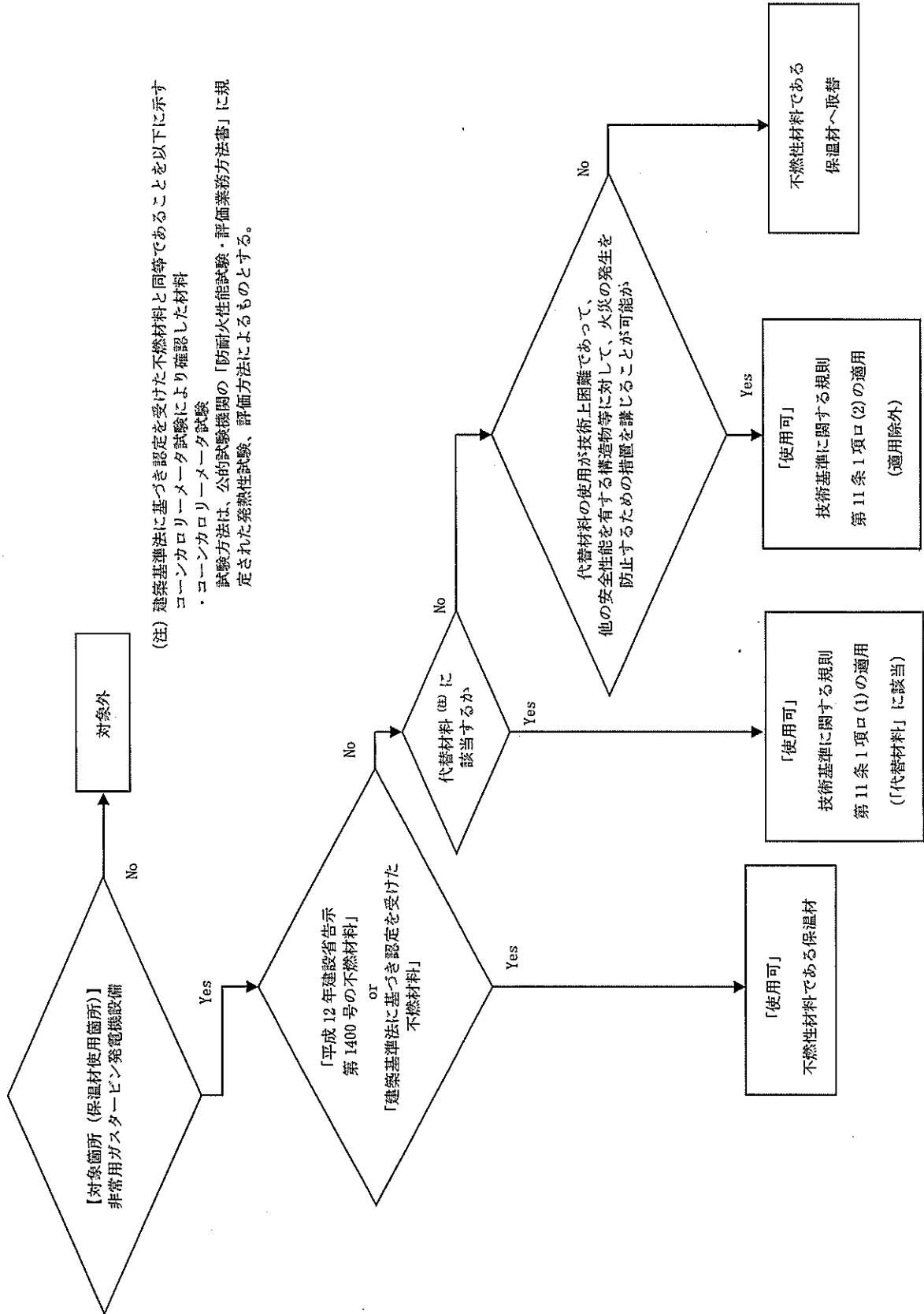
非常用ガスタービン発電機設備に使用する保温材について、表2-4に示す。

表 2-4 非常用ガスタービン発電機設備に使用する保温材について

保温材種類	使用部位			結果	備考
	配管	弁、 フランジ、 サポート	機器類 (タンク、 ポンプ類)		
ロック ウール	—	—	○	使用可	仕様規定 ^(注1)
ケイ酸 カルシウム	○	—	—	使用可	仕様規定 ^(注1)
グラス ウール板	—	○	○	使用可	仕様規定 ^(注1)

(注1) 仕様規定：平成12年建設省告示第1400号（不燃材料を定める件）

- 一 コンクリート
- 二 れんが
- 三 瓦
- 四 陶磁器質タイル
- 五 繊維強化セメント板
- 六 厚さが3mm以上のガラス繊維混入セメント板
- 七 厚さが5mm以上の繊維混入ケイ酸カルシウム板
- 八 鉄鋼
- 九 アルミニウム
- 十 金属板
- 十一 ガラス
- 十二 モルタル
- 十三 しっくい
- 十四 石
- 十五 厚さが12mm以上のせっこうボード
(ボード用原紙の厚さが0.6mm以下のものに限る。)
- 十六 ロックウール
- 十七 グラスウール板



(注) 建築基準法に基づき認定を受けた不燃材料と同等であることを以下に示す
 コーンコロリメータ試験により確認した材料
 ・コーンコロリメータ試験
 試験方法は、公的試験機関の「防耐火性能試験・評価業務方法書」に規定された発熱性試験、評価方法によるものとする。

図 1 保温材適合状況確認フロー

2.4 建屋内装材の使用状況について

(1) 目的

本資料は、非常用ガスタービン発電機建屋に使用する建屋内装材が不燃性材料であることを、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.2(1)c.項及び4.2(2)a.項並びに本資料の別紙2に示すフローに基づき確認した結果を示すために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

非常用ガスタービン発電機建屋に使用している建屋内装材が不燃性材料であることを確認した結果を、表2-5に示す。

表2-5 非常用ガスタービン発電機建屋の建屋内装材の不燃性判定結果

種類	材 料	使用箇所				結 果	備 考
		天井	壁	床	鉄部		
塗 料	合成樹脂エマルジ ョン系塗料		○			使用可	不燃認定 ^(注1)
	合成樹脂系塗料				○	使用可	不燃認定 ^(注1)
内 装 材	静電気帯電防止タ イル			○		使用可	防災認定 ^(注2)

(注1) 不燃認定：建築基準法に基づき、不燃材料の認定を受けたもの

(注2) 防災認定：消防法に基づき認定を受けた防災物品

(使用箇所)

- ・非常用ガスタービン発電機制御盤室（区画番号：GT/B-7）
- ・非常用ガスタービン電気室（区画番号：GT/B-15）
- ・第3直流電源設備室（区画番号：GT/B-17）

(注) 建築基準法に基づき認定を受けた不燃材料と同等以上であることを以下のコ
ーシカロリーメータ試験により確認した材料

- ・ コーンカロリーメータ試験

試験方法は、公的試験機関の「耐火性能試験・評価業務方法書」に規定
された発熱性試験・評価方法によるものとする。

消防法に基づき認定を受けた防炎物品と同等であることを以下の防炎試験に
より確認した材料

- ・ 防炎試験

試験方法は、消防法施行令の「防炎防火対象物の指定等」及び消防法施行
規則の「防炎性能の基準の数値等」に示される、じゅうたん等の試験によ
るものとする。

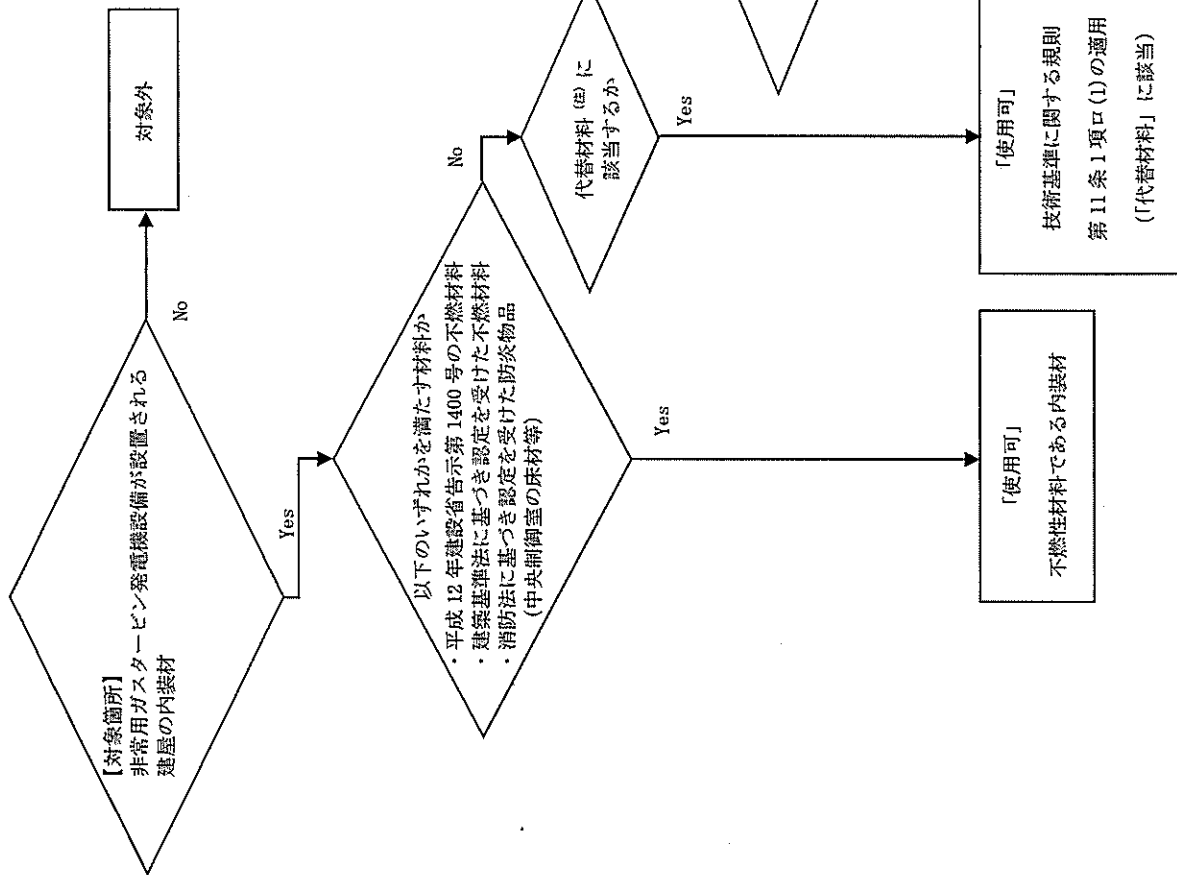


図 1 建屋内装材適合状況確認フロー

2.5 難燃ケーブルの使用について

(1) 目的

本資料は、非常用ガスタービン発電機設備に使用するケーブルが、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.2(1)d.項に示す方法で、難燃ケーブルを使用することを説明するために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

自己消火性を確認する UL 1581(Fourth Edition)1080.VW-1 垂直燃焼試験並びに延焼性を確認する IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験又はIEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験による実証試験により、自己消火性及び延焼性を確認したケーブルを使用する。

非常用ガスタービン発電機設備に使用するケーブルについて、表2-6、表2-7に示す。

表 2-6 非常用ガスタービン発電機設備に使用するケーブル自己消火性の実証試験結果

区分	No.	絶縁体	シース	自己消火性試験			試験日	結果
				最大残炎時間(秒)	表示旗の損傷(%)	綿の損傷		
高压電力ケーブル	1	架橋ポリエチレン	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	1	0	無	2013/5/29	良
低压電力ケーブル	2	難燃 EP ゴム	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	0	0	無	2013/5/22	良
制御ケーブル	3	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	3	0	無	2013/5/22	良
計装ケーブル	4	難燃 EP ゴム	難燃クロロスルホン化ポリエチレン	0	0	無	2013/5/22	良
計装ケーブル	5	特殊耐熱ビニル	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	0	0	無	2013/5/22	良
制御(光)ケーブル	6	難燃低塩酸ビニル(内部シース)	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	3	0	無	2013/5/29	良

【 UL1581 (Fourth Edition) 1080.VW-1 垂直燃焼試験の判定基準 】

① 残炎による燃焼が 60 秒を超えないこと。
 ② 表示旗が 25%以上焼損しないこと。
 ③ 落下物により底部の綿が燃焼しないこと。

表 2-7 非常用ガスタービン発電機設備に使用するケーブル延焼性の実証試験結果

区分	No.	絶縁体	シース	耐延焼性試験		試験日	結果
				シース 損傷距離 (mm)	(参考) 残炎時間 (秒)		
高压電力 ケーブル	1	架橋 ポリエチレン	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	650	0	1992/07/08	良 (注2)
低压電力 ケーブル	2	難燃 EP ゴム	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1050	0	1992/06/30	良 (注2)
制御 ケーブル	3	特殊 耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1170	0	1992/11/12	良 (注2)
計装 ケーブル	4	難燃 EP ゴム	難燃クロロ スルホン化 ポリエチレン	1020	0	1992/10/13	良 (注2)
計装 ケーブル	5	特殊 耐熱ビニル	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	1100	0	1992/07/03	良 (注2)
制御 (光) ケーブル (注1)	6	難燃低 塩酸ビニル (内部シース)	難燃低塩酸 特殊耐熱ビニル	830	0	2007/2/26	良 (注3)

(注1) IEC60332-1により確認
(注2) 【 IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験の判定基準 】
① バーナを消火後、自己消火した時のケーブルのシース及び絶縁体の最大損傷長が
1,800mm 未満であること。
② 3回の試験いずれにおいても上記を満たすこと。
(注3) 【 IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験の判定基準 】
① シース損傷距離：1,500mm 以下

3. 火災の感知及び消火に係るもの

3.1 全域ハロン自動消火設備について

(1) 目的

本資料は、火災防護に関する説明書5.2.2(1)b.(a)項に示す全域ハロン自動消火設備の詳細を示すために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

全域ハロン自動消火設備の詳細を以降に示す。

(3) 全域ハロン自動消火設備の設備概要

消火活動が困難のために必要となる固定式消火設備として、人体、設備への影響を考慮し、全域ハロン自動消火設備を設置する。

非常用ガスタービン発電機建屋に設置する全域ハロン自動消火設備の概要図を図3-1に示す。

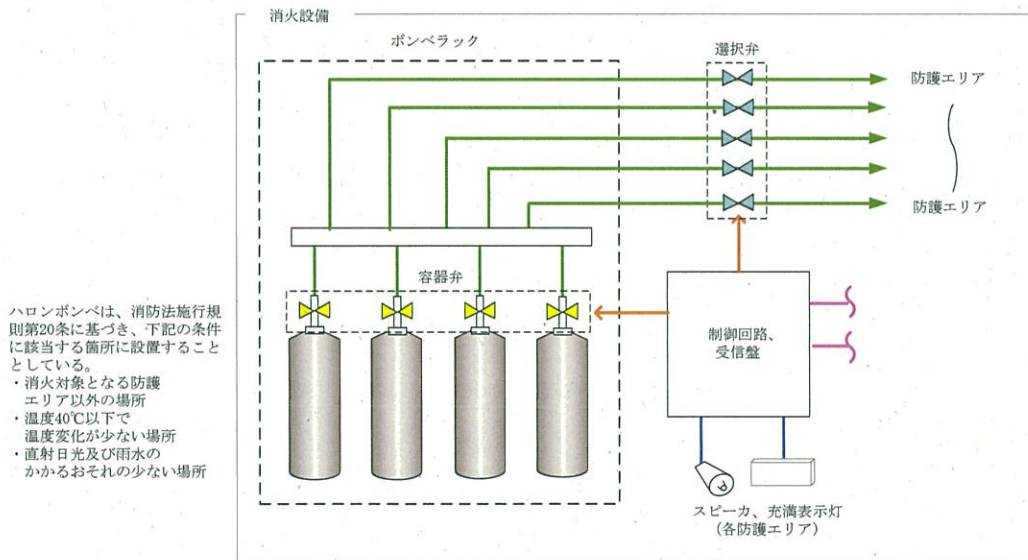


図 3-1 全域ハロン自動消火設備（選択型）の設置概要図

(4) 全域ハロン自動消火設備の作動回路

a. 作動回路の概要

火災発生時における全域ハロン自動消火設備作動時までの信号の流れを図 3-2 に示す。通常時は自動待機状態としており、感知器が 2 系統とも動作した場合は、自動起動動作する。起動条件としては、「火災感知設備用感知器」または「ハロン消火設備専用感知器」が火災を感知した場合に全域ハロン自動消火設備が自動起動する設計とし、誤動作防止を図っている。(図 3-3) 火災を感知してから全域ハロン自動消火設備が動作するまでのタイマーは、消防法施行規則及び避難に必要な時間を考慮して設定する。

また、現地（室外）での手動動作による消火設備の起動（ガス噴出）も可能な設計としており、人による火災発見時においても、早期消火が対応可能な設計としている。

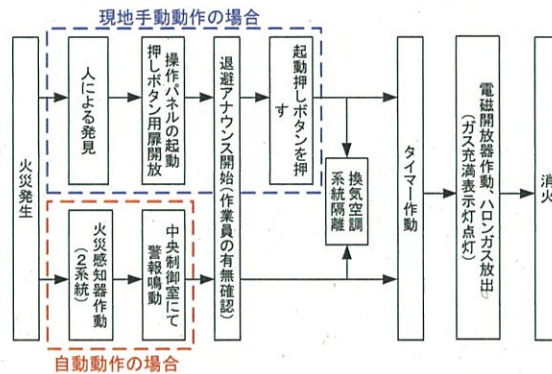


図 3-2 火災時の信号の流れ

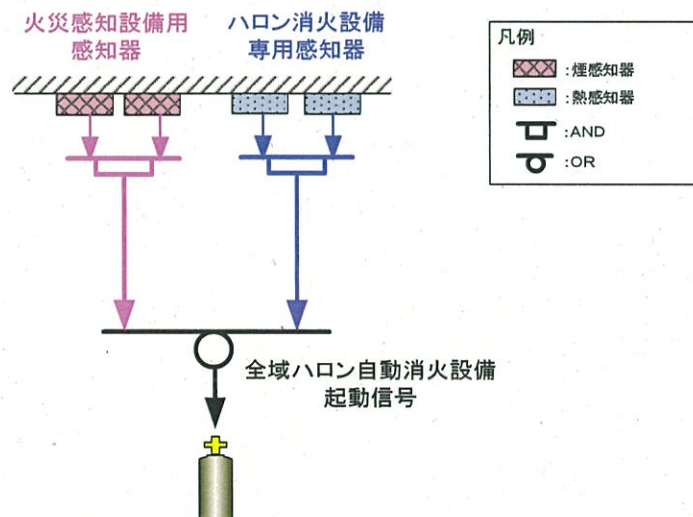


図 3-3 全域ハロン自動消火設備起動ロジック例

(5) 全域ハロン自動消火設備の系統構成

a. 全域ハロン自動消火設備（選択型）

選択型は、複数の防護エリアに設置している火災感知器からの信号をそれぞれの制御回路部が受信した後、制御回路部から起動ガス容器ユニットに対して放出電気信号を発信する。

起動ガス容器ユニットでは電気的な回路故障を防止するため、機械的なガス圧信号に変換し、ガス圧信号で機械的に作動する容器弁及び選択弁に放出信号を発信して、ハロンガスが放出される。（図3-4）

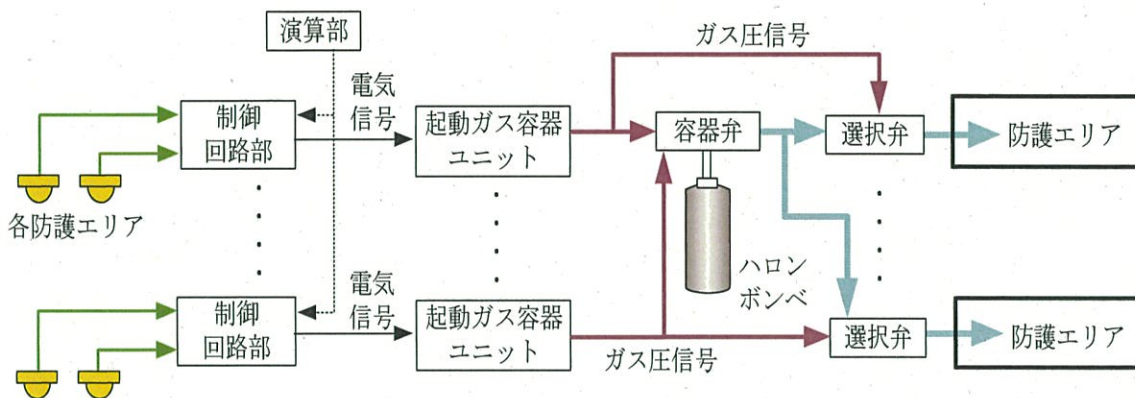


図 3-4 全域ハロン自動消火設備（選択型）の系統構成

3.2 火災防護設備に係る耐震及び強度評価について

新たに改造する火災防護設備に係る耐震及び強度評価に関する説明について、以下の資料にて説明する。

設備	説明項目	確認資料
火災感知設備	荷重及び荷重の組み合わせ並びに許容限界	添付資料17-9「機能維持の基本方針」
	耐震評価の方針	添付資料17 別添1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」
	火災感知設備の耐震評価の方法及び結果	添付資料17 別添1-2「火災感知器の耐震計算書」
	動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する火災感知設備の影響評価結果	添付資料17 別添1-7「火災防護設備の水平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」
耐震評価	荷重及び荷重の組み合わせ並びに許容限界	添付資料 17-9「機能維持の基本方針」
	耐震評価の方針	添付資料 17 別添 1-1「火災防護設備の耐震計算の方針」
	全域ハロン自動消火設備 消火設備の耐震評価の方法及び結果	<ul style="list-style-type: none"> ・添付資料 17 別添 1-3「ハロンボンベ設備の耐震計算書」 ・添付資料 17 別添 1-4「選択弁の耐震計算書」 ・添付資料 17 別添 1-5「ハロン消火設備制御盤の耐震計算書」 ・添付資料 17 別添 1-6「ハロンガス供給配管の耐震計算書」
	動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する消火設備の影響評価結果	添付資料 17 別添 1-7「火災防護設備の水平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」
強度評価 全域ハロン自動消火設備	技術基準規則第17条に規定されるクラス3機器の材料、構造及び強度の規定と、高圧ガス保安法及び消防法の材料、構造及び強度の規定が同等の水準であることの確認	添付資料 18「強度に関する説明書」

4. 火災防護計画に係るもの

4.1 火災防護計画に定め管理する事項について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書に示す火災防護計画に定め管理する事項を整理するため、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

火災防護計画に定め管理する事項のうち、非常用ガスタービン発電機設備を設置するにあたり、検討すべき事項を整理する。

(3) 火災防護計画

a. 火災防護計画に定める主な事項

(a) 組織体制、教育訓練及び手順

計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施するために必要な手順等について定める。

(b) 重大事故等対処施設（非常用ガスタービン発電機設備）

重大事故等対処施設については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火の深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。

b. 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書における「火災防護計画」にて管理する事項の記載について

火災防護に関する説明書の記載頁	「火災防護計画」に記載する事項の詳細内容	a. 「火災防護計画」の該当事項
資5-8	イ. 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽は、タンク容量の設計として7日間（168時間）の外部電源喪失に対して非常用ガスタービン発電機を連続運転するために必要な量（約200kℓ/基）とし、この容量にとどめて貯蔵することを火災防護計画にて定め、管理する。	(b)
資5-10	引火点が室内温度及び機器運転時の温度よりも高い潤滑油及び燃料油を使用すること並びに火災区域における有機溶剤を使用する場合の滞留防止対策について、火災防護計画にて定め、管理する。	(b)
資5-10	「工場電気設備防爆指針」に記載される微粉を発生する仮設設備及び静電気が溜まるおそれがある設備を設置しないことを火災防護計画にて定め、管理する。	(b)
資5-10	電気室は、電源供給に火災影響を与えるような可燃性の資機材等を保管せず、電源供給のみに使用することを火災防護計画に定め、管理する。	(b)
資5-29	気温の低下時においても消火設備の機能を維持する設計とするため、気象観測設備で測定する外気温度を中央制御室で監視し、外気気温が3℃まで低下した場合、手順に基づき、屋外の消火設備の凍結を防止するために、屋外消火栓から微量の消火水を放水することによって凍結防止対策を講じる。また、本運用については、火災防護計画に定め、管理する。	(b)

溢水防護に関する補足説明資料

補足説明資料目次

1. 溢水影響評価
 - 1-1 機能喪失高さについて…………… 資6 補-1-1-1
 - 1-2 溢水評価対象の重大事故等対処設備の選定について…………… 資6 補-1-2-1

2. 没水影響評価について
 - 2-1 想定破損に係る低エネルギー配管の応力評価…………… 資6 補-2-1-1
 - 2-2 地震に起因する没水影響評価…………… 資6 補-2-2-1
 - 2-3 機器の誤動作等による漏えい事象に対する確認について…………… 資6 補-2-3-1
 - 2-4 貯水槽の溢水について…………… 資6 補-2-4-1

3. 全般
 - 3-1 溢水防護区画毎における機能喪失高さ …………… 資6 補-3-1-1

※本資料における については、商業機密又は防護上の機密を含むため公開できません。

1.

1-1 機能喪失高さについて

(1) 概要

本章は、溢水評価対象として抽出された重大事故等対処設備について、溢水影響により要求される機能を損なうおそれのある高さ（以下「機能喪失高さ」という。）を明確にする。また、抽出された重大事故等対処設備が設置される溢水防護区画を明確にする。

(2) 機能喪失高さの考え方

各機器の機能喪失高さの考え方を表1に示し、機器の機能喪失高さを図1-1～図1-3に示す。

(3) 重大事故等対処設備リストの整理

抽出された重大事故等対処設備の設置高さ、機能喪失高さ並びに溢水防護区画について、表2に示す。

表1 機能喪失高さの考え方

機器	機能喪失高さ
ガスタービン発電機	ガスタービン機関、调速装置、非常调速装置および発電機の下 端部（図 1-1 参照）
ポンプ	ポンプあるいは電動機でいずれか低い箇所（図 1-2 参照）
盤	盤下端部又は盤内の計器類の最下部（図 1-3 参照）

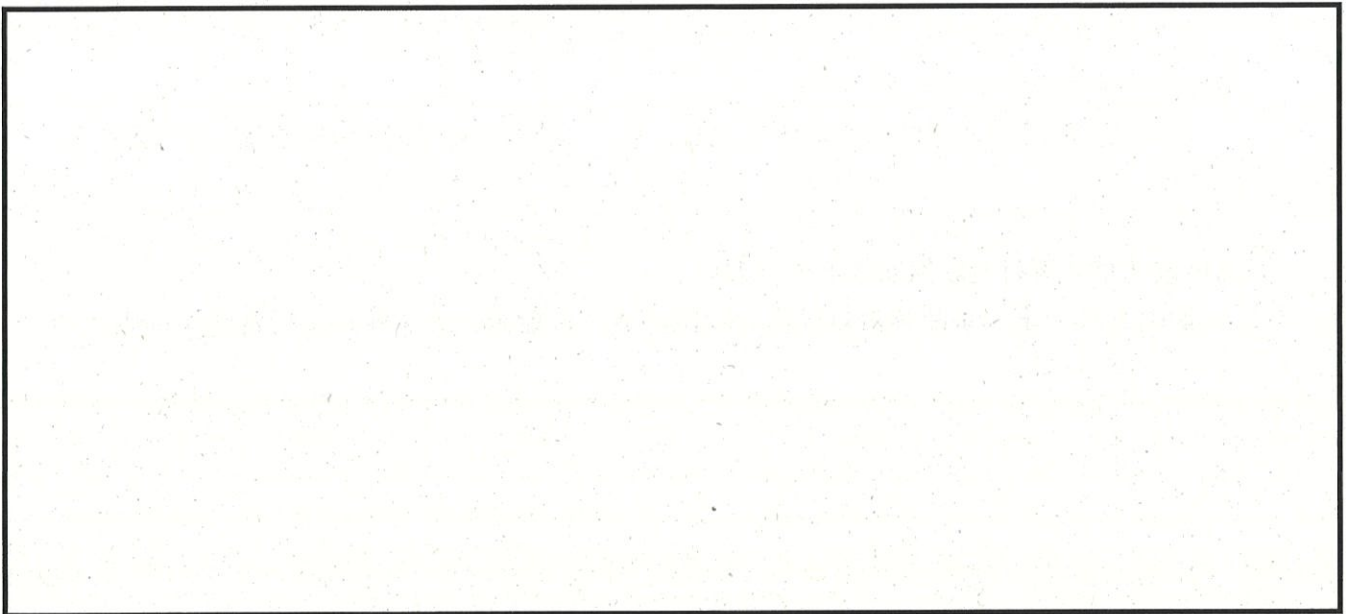


図1-1 ガスタービン発電機における機能喪失高さ

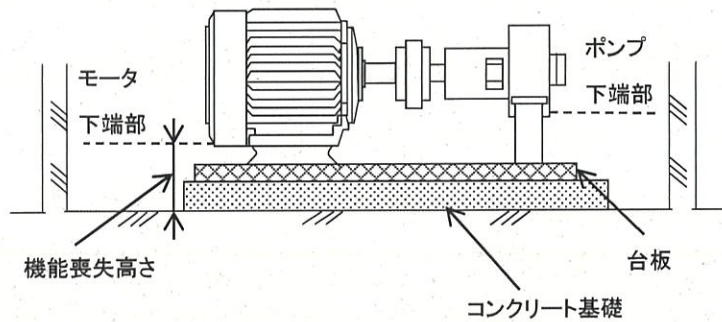


図1-2 ポンプにおける機能喪失高さ

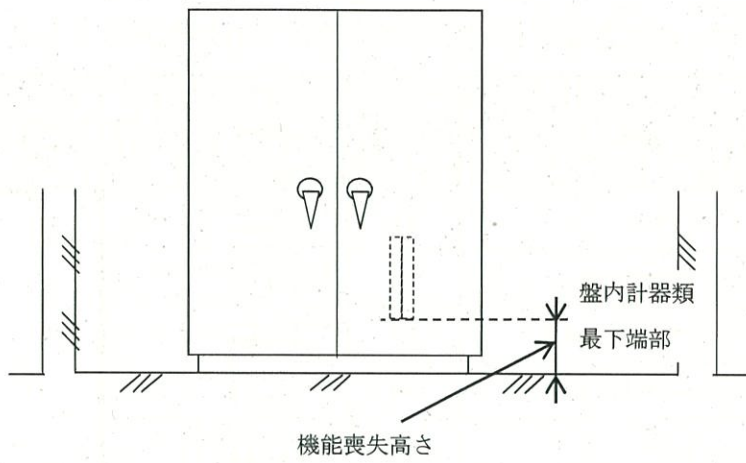


図1-3 盤における機能喪失高さ

表2 溢水影響評価対象の重大事故等対処設備リスト(1/1)

設備区分	設備名	常設/可搬	設置建屋	溢水評価 区画番号	設置高さ ^(注1) EL. [m]	機能喪失高さ EL. [m]	機能喪失高さ 床上[m]
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機ガスタービン	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-A			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機調速装置	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-A			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機非常調速装置	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-A			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-1-A			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-A			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機制御盤	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-B			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機励磁装置	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-B			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機保護継電器	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-2-B			
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置	常設	非常用ガスタービン 発電機建屋	GT-3-A			

(注1) 溢水評価上基準となる床高さを示す。

1-2 溢水評価対象の重大事故等対処設備の選定について

重大事故等対処設備のうち、溢水の影響を受けて要求される機能を損なうおそれのない設備については、評価対象外とする。

重大事故等対処設備の溢水評価の考え方及び理由について、図1及び表1に示すとともに、溢水影響評価対象外とした設備リストを表2に示す。

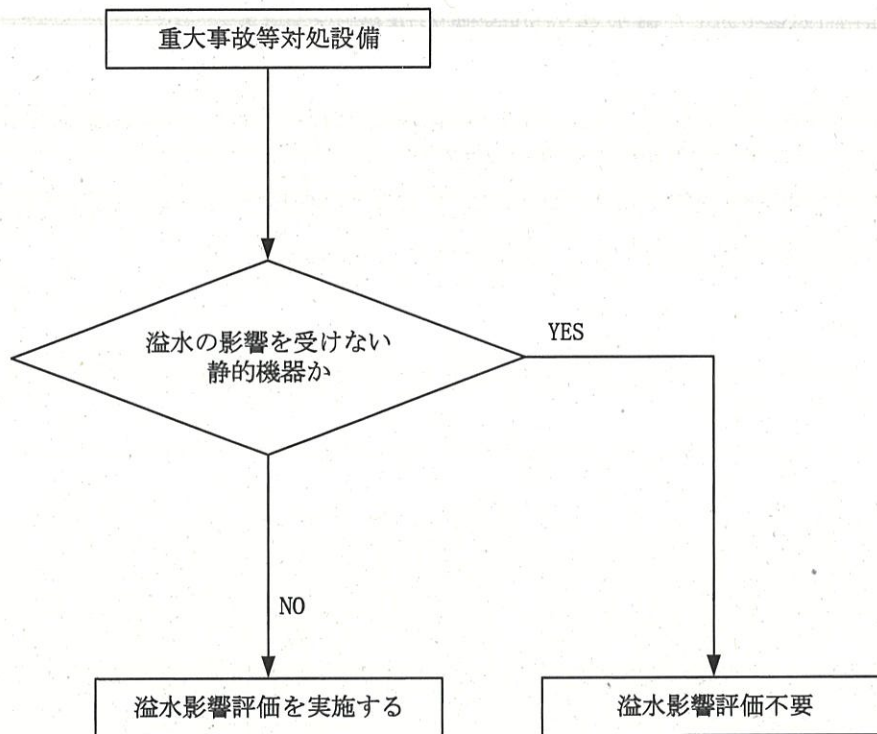


図1 重大事故等対処設備の溢水評価の考え方

表1 溢水影響評価の対象外とする理由

ステップの項目	理由
溢水の影響を受けない静的機器	構造が単純で外部からの動力の供給を必要としない容器、熱交換器、フィルタ、安全弁、逆止弁、手動弁、配管類は、溢水の影響を受けても要求される機能を損なわない。また、防護すべき設備に係るケーブルは没水に対する耐性を有しており、要求される機能を損なわない。

表2 重大事故等対処設備のうち評価対象外とした設備リスト

区分	設備名称	備考
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽（3 A, 3 B）	
非常用電源設備	非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク	
その他	手動弁一式	
その他	配管 一式	

2.

2-1 想定破損に係る低エネルギー配管の応力評価

想定破損における低エネルギー配管の強度評価では、標準支持間隔法を用いた評価を実施することとしており、水消火設備系統の標準支持間隔（以下「L₀」という。）における発生応力が、評価ガイドにて破損想定不要とされている許容値（0.4S_a）以下であることを確認している。

L₀の算出条件及び評価結果をそれぞれ表1及び表2に示す。

表1 L₀の算出条件

支持間隔	荷重条件	許容値
L ₀	内圧：低エネルギー配管の上限値 自重：支持間隔に応じた重量 地震：1/3S _d 地震動	0.4S _a

表2 評価結果

系統名	配管仕様	支持間隔:L ₀ (mm)	発生応力※ (MPa)	許容値 0.4S _a (MPa)	想定する破損 形状
水消火設備 系統	3/4B SCH40	1.3	23	139	破損想定不要
	1.1/2B SCH40	2.0	21		破損想定不要
	2B SCH40	2.3	23		破損想定不要
	2.1/2B SCH40	2.6	22		破損想定不要

※：各仕様において最大となる応力値を掲載する。

低エネルギー配管の許容応力は、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第I編 軽水炉規格＞ JSME S NC-2005/2007（社）日本機械学会（以下「JSME」という。）PPC-3530(1)d.の式より算出する。

$$S_a = 1.25fS_c + (1.2 + 0.25f)S_h$$

2-2 屋外タンクからの溢水影響評価について

(1) はじめに

伊方発電所では、非常用ガスタービン発電機建屋周辺のエリア（EL. 32m）に低耐震クラスの大型タンクが配置されており、地震時の破損により漏えいが発生した場合、非常用ガスタービン発電機を構成する設備の溢水防護区画に溢水影響を与える可能性があるため、溢水影響評価を実施し、溢水防護区画内に設置される防護すべき設備がその機能を損なわないことを確認した。

(2) EL. 32mに設置される屋外タンク

非常用ガスタービン発電機建屋の周辺エリア（EL. 32m）に設置されている屋外タンクについて表1に整理するとともに、溢水源となり得る屋外タンクと溢水防護区画の配置について図1に示す。

表1 EL. 32m設置の屋外タンク一覧

	タンク名称	タンク容量	耐震クラス
1	脱塩水タンク3号	3,000m ³	C
2	ろ過水貯蔵タンク	3,000m ³	C
3	2次系純水タンク3号	3,000m ³	C
4	脱塩水タンク1号	2,500m ³	C
5	2次系純水タンク1号	1,500m ³	C
6	燃料取替用水タンク1号 ^(注1)	1,200m ³	S
7	復水タンク1号 ^(注1)	390m ³	S
8	1次系純水タンク1号	230m ³	C
9	2次系純水タンク2号	1,500m ³	C
10	燃料取替用水タンク2号 ^(注2)	1,200m ³	S
11	復水タンク2号 ^(注2)	390m ³	S
12	1次系純水タンク2号	230m ³	C

(注1) Sクラスであるが、1号機設備であるため、溢水源として考慮する。

(注2) Sクラスであるが、2号機設備であるため、溢水源として考慮する。

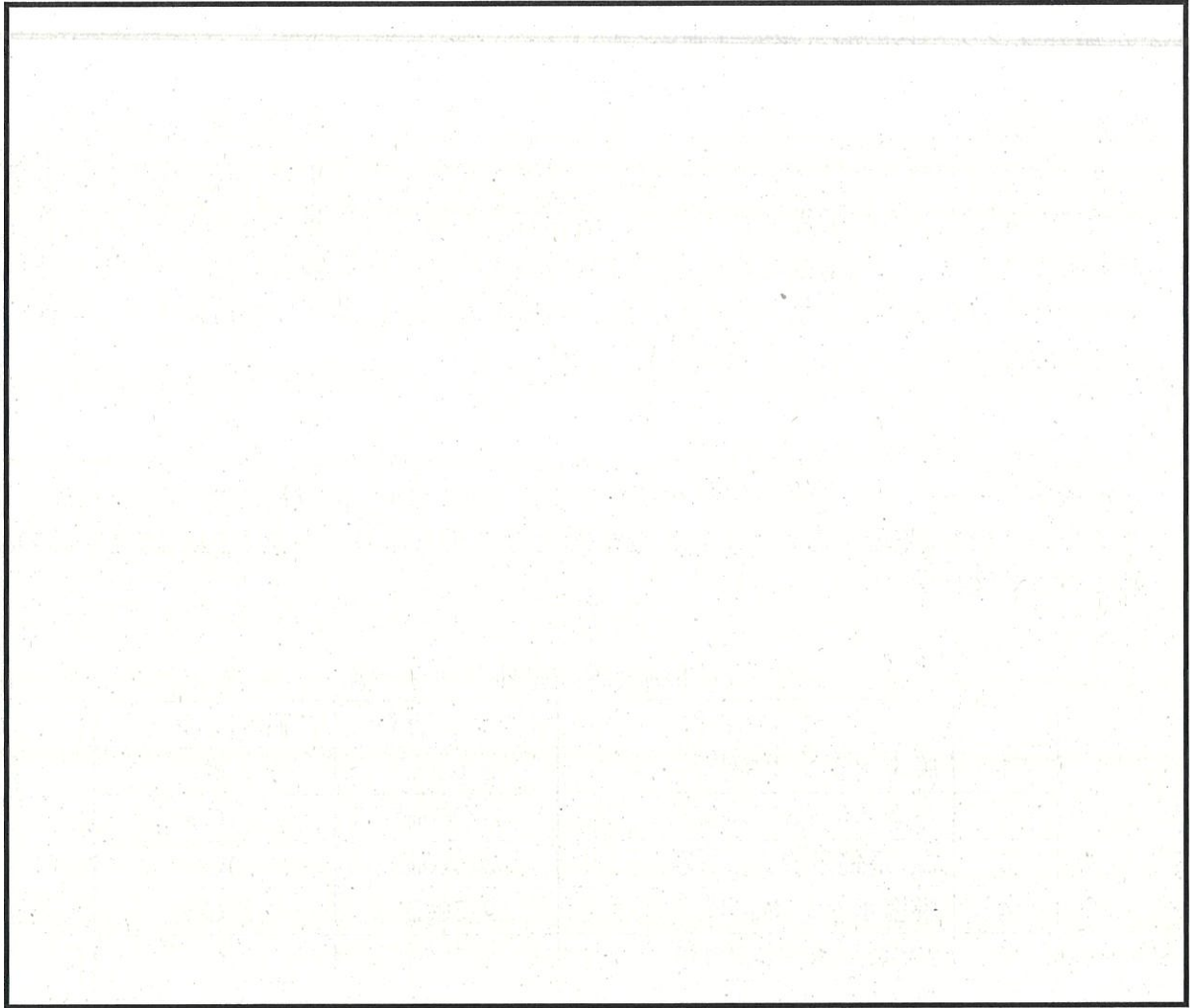


図1 溢水源となり得る屋外タンクと溢水防護区画の配置

(3) 溢水源として想定しない屋外タンクについて

表1にて整理した屋外タンクは、以下に示すとおり地震破損による漏水が発生した場合においても、非常用ガスタービン発電機を構成する設備の溢水防護区画に溢水影響を及ぼすことはないことから溢水源として想定しない。

- ・燃料取替用水タンク1号、復水タンク1号、1次系純水タンク1号

上記タンクについては、図1に示すとおり、非常用ガスタービン発電機建屋側の標高が高くなっており、伊方3号機海水ピットポンプエリア側の法面から落水するため、非常用ガスタービン発電機建屋側へ溢水影響を及ぼすことはない。

- ・2次系純水タンク1号

2次系純水タンク1号廻りは図1に示すとおり、南側は保修建家の壁、西側は1号機原子炉補助建家壁で囲まれている。また、東側は標高が高くなっていることから、溢水は北方向へ流れるため、非常用ガスタービン発電機建屋側へ溢水影響を及ぼすことはない。

- ・2次系純水タンク2号

2次系純水タンク2号廻りは図1に示すとおり、北側は保修建家の壁、西側は2号機原子炉補助建家壁で囲まれている。また、東側は標高が高くなっていることから、溢水は南方向へ流れるため、非常用ガスタービン発電機建屋側へ溢水影響を及ぼすことはない。

- ・燃料取替用水タンク2号、復水タンク2号、1次系純水タンク2号

2号機原子炉格納容器より南側にある上記タンクについては、図1に示すとおり、非常用ガスタービン発電機建屋側の標高が高くなっており、壁の開口部がある南側の斜面から落水するため、非常用ガスタービン発電機建屋側へ溢水影響を及ぼすことはない。

- ・脱塩水タンク3号、2次系純水タンク3号、ろ過水貯蔵タンク、脱塩水タンク1号

非常用ガスタービン発電機建屋より北側にある上記タンクについては、図1に示すとおり、西側は敷地が高くなっており、また、非常用ガスタービン発電機建屋3号機側の標高が高くなっているため、溢水は北又は西方向へ流れることから、非常用ガスタービン発電機建屋側へ溢水影響を及ぼすことはない。

上記のことから、破損により非常用ガスタービン発電機建屋に対して溢水影響を及ぼす屋外タンクはなく、考慮すべき溢水事象とはならない。

2-3 機器の誤動作等による漏えい事象に対する確認について

機器の誤動作等（機器ドレン、機器の作動（誤作動含む）、機器損傷（配管以外）、人的過誤）に対して、以下のとおり、想定される事象を整理するとともに、これらの漏えい事象は設計上考慮されており、早期検知が可能であることから、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがある溢水事象となることはないことを確認した。

(1) 機器の誤動作等による漏えい事象の整理

区画内にて発生が想定される機器の誤動作等による漏えい事象について、表1に整理する。

表1 機器の誤動作等による漏えい事象

分類	想定事象	漏えい量
(1) 機器ドレン	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプシールドレン ・空調ドレン ・サンプルシンクドレン 等 	小
(2) 機器の作動 (誤作動含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・安全弁作動 ・開放端に繋がる弁の誤開、開固着 等 	小～中
(3) 機器損傷 (配管以外)	<ul style="list-style-type: none"> ・開放端に繋がる弁のシートリーク ・弁グランドリーク ・ポンプシールリーク ・フランジリーク 等 	小
(4) 人的過誤	<ul style="list-style-type: none"> ・弁誤操作 ・隔離未完機器の誤開放 ・開放点検中設備への誤通水 ・アイスプラグ施工不良 等 	小～大

a. 機器ドレン

通常運転状態において発生するドレンであり、非常用ガスタービン発電機建屋内においては、空調ドレンが該当する。空調ドレンは、システムドレンにより屋外へ排水可能な設計としている。また、ファンネルは設置していない。

b. 機器の作動（誤作動含む）

非常用ガスタービン発電機建屋内に設置する水消火設備系統において、安全弁、作動機器を有しない設計としており、機器の誤作動により漏えいが生じない設計としている。

c. 機器損傷（配管以外）

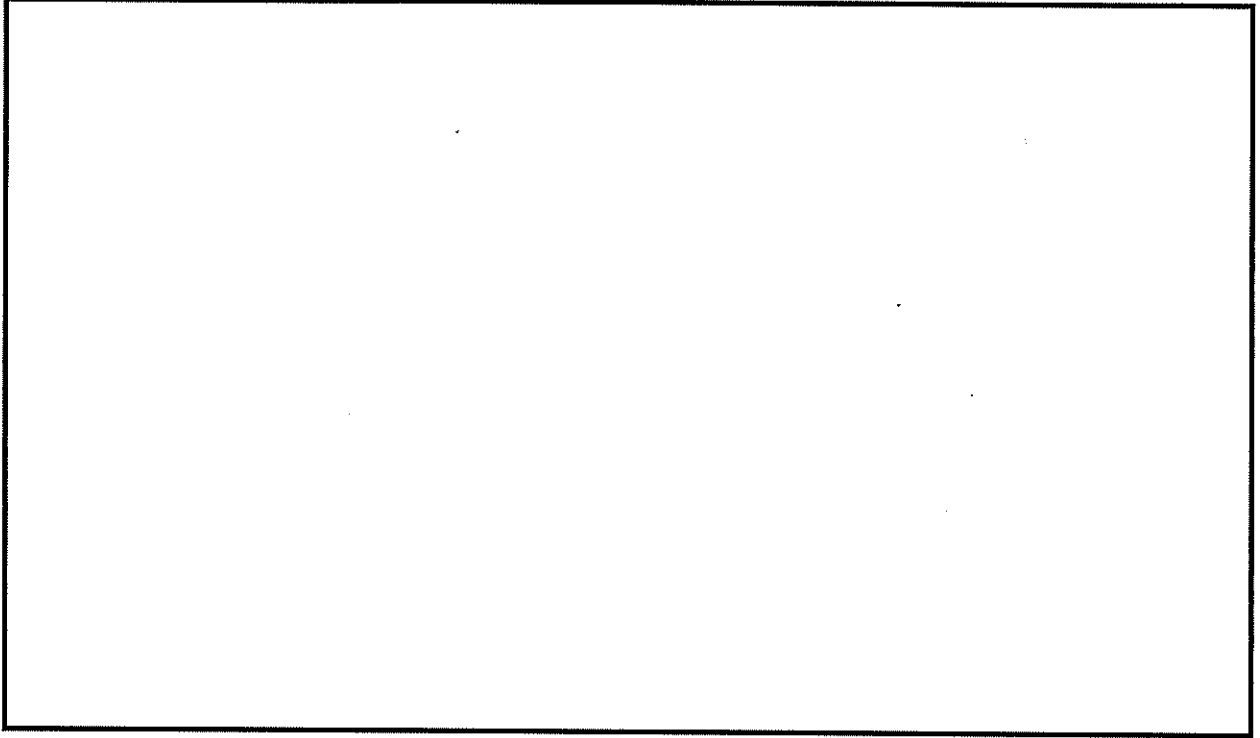
弁グランド等からのリーク及びその他の漏えい事象については、漏えい量は比較的少なく、発生時には拡大防止に必要な措置を講じる運転管理により早期の隔離等の対処が可能である。

d. 人的過誤

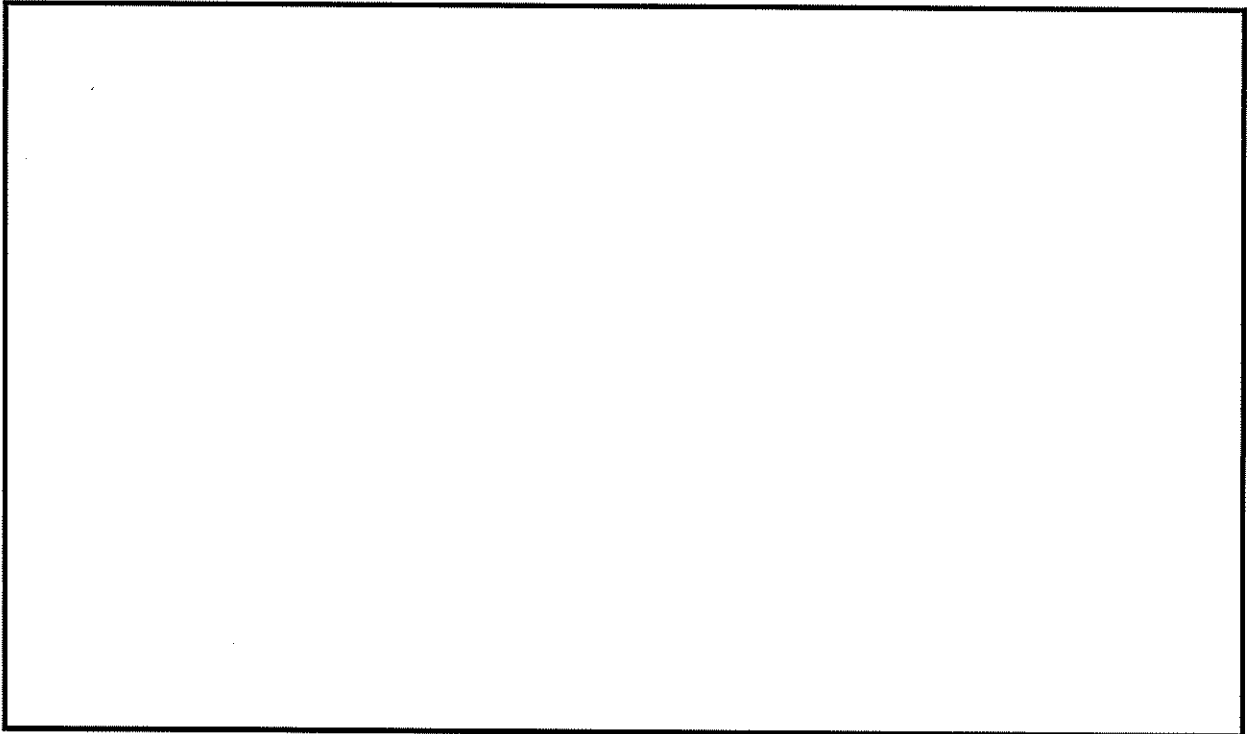
事象によっては大量の漏えいが発生する可能性があるが、過去のトラブル事例から、基本的にはプラントが停止している定期検査時に発生しているものであり、人的要因であることから、発生時には早期に隔離等の対処が可能である。

(2) 屋内消火栓の配置について (参考)

非常用ガスタービン発電機建屋内に設置する屋内消火栓の配置を図1に示す。
屋内消火栓は、電気室以外のエリアに配置している。



非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 32.7m



非常用ガスタービン発電機建屋 EL. 41.0m

2-4 貯水槽の溢水について

非常用ガスタービン発電機建屋は、地下1階に貯水槽を有しているため、貯水槽からの溢水の有無を検討し、溢水の影響はないことを確認した。

(1) 貯水槽の仕様

非常用ガスタービン発電機建屋の貯水槽の概要を表1に、構造図を図1、2に示す。貯水槽は図1に示すとおり、非常用ガスタービン発電機建屋の地下1階に設置されている。

貯水槽と室内の境界には開口部は設けておらず、図1、2に示すとおり、屋外に取水口（a部）を設置し、コンクリート蓋（約3,900kg）により閉鎖している。また、コンクリート蓋は貯水槽のNWLより2m以上の高い位置に設置している。

表1 貯水槽の概要

設置位置	容量	水位
非常用ガスタービン発電機 建屋（地下1階）	約2,600m ³	EL. 30.0m

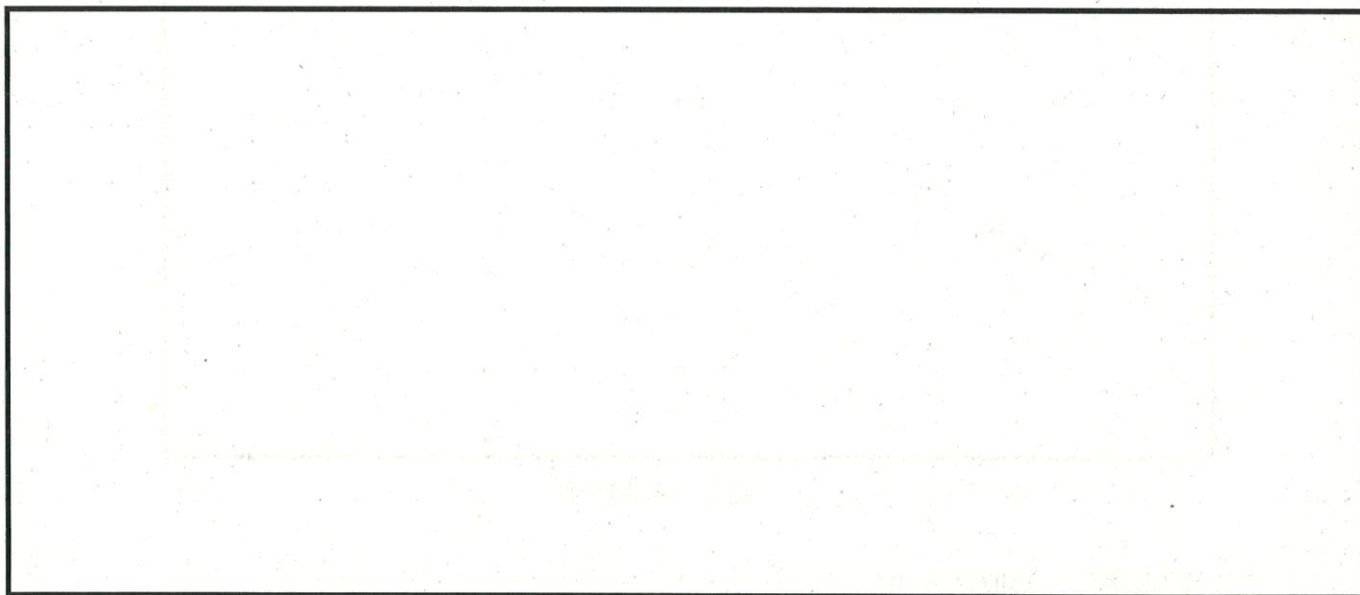


図1 貯水槽構造図

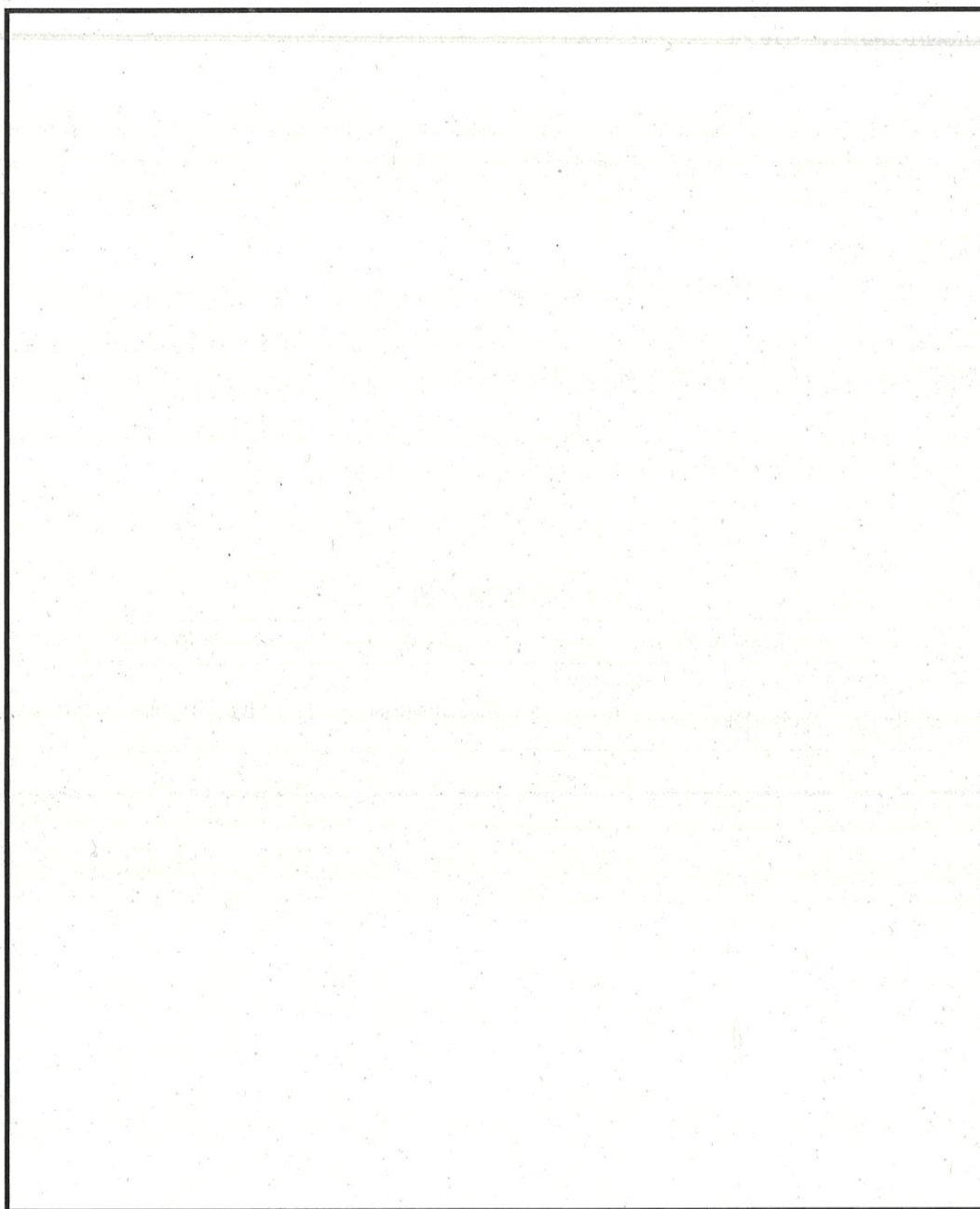


図2 a 部詳細

(2) 貯水槽からの取水方法

非常用ガスタービン発電機建屋の貯水槽は、送水用の配管、ポンプは設置しておらず、取水口より屋外から可搬の設備により取水する設計としている。

(3) 貯水槽からの溢水

a. 貯水槽における耐震壁等の健全性について

貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁について、図3に示すフローによる分類に応じ、基準地震動 S_s によるひび割れの影響を確認する。

なお、ひび割れのうち曲げひび割れは水平方向に発生するため、地震後の残留ひび割れは自重により閉じる^(注1)ことから、せん断ひび割れを対象とする。

(注1)「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書(平成6年3月 財団法人 原子力発電技術機構)」

貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁については、耐震壁と天井に達する壁で構成されており、天井に達する壁の「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—(日本建築学会 1999年)」(以下「RC規準」という。)への適合性をa項に、耐震壁等の地震応答解析結果による評価をb項に示す。

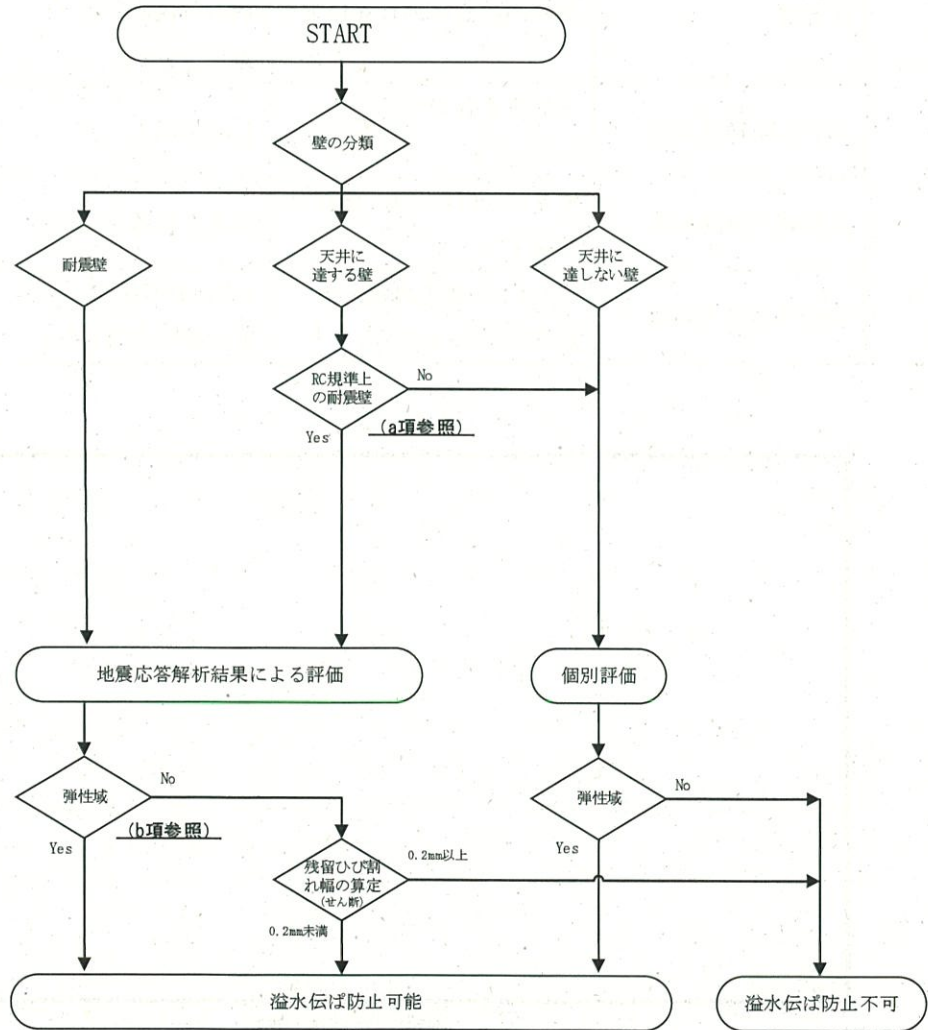


図3 耐震壁等の確認フロー

(a) 天井に達する壁の扱いについて

貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁は、耐震壁と天井に達する壁で構成される。天井に達する壁は、床及び天井と一体となった構造体であり、地震により生じるせん断変形は耐震壁と同様となるため、地震応答解析結果から得られる耐震壁のせん断変形による評価が可能であるが、地震応答解析において耐震壁として扱っていない壁について、表1に示すとおりRC規準における耐震壁と同等の設計であることを確認している。また、貯水槽を構成する耐震壁等の配置状況を図4に示す。

表1 RC規準への適合性確認結果

確認項目	要求事項	確認結果	判定
①壁厚	120mm以上かつ 壁板内法高さの1/30以上	壁厚700mm以上 内法寸法高さの 1/10.21以上	適合
②せん断補強筋比	直交する各方向 0.25%以上	1.425%以上	適合
③壁筋の複筋配置	壁厚200mm以上は、複筋を 配置する	複筋を配置している	適合
④壁筋の径と間隔	D10以上の異形鉄筋かつ 鉄筋間隔300mm以下	D38の異形鉄筋 最大鉄筋間隔200mm	適合

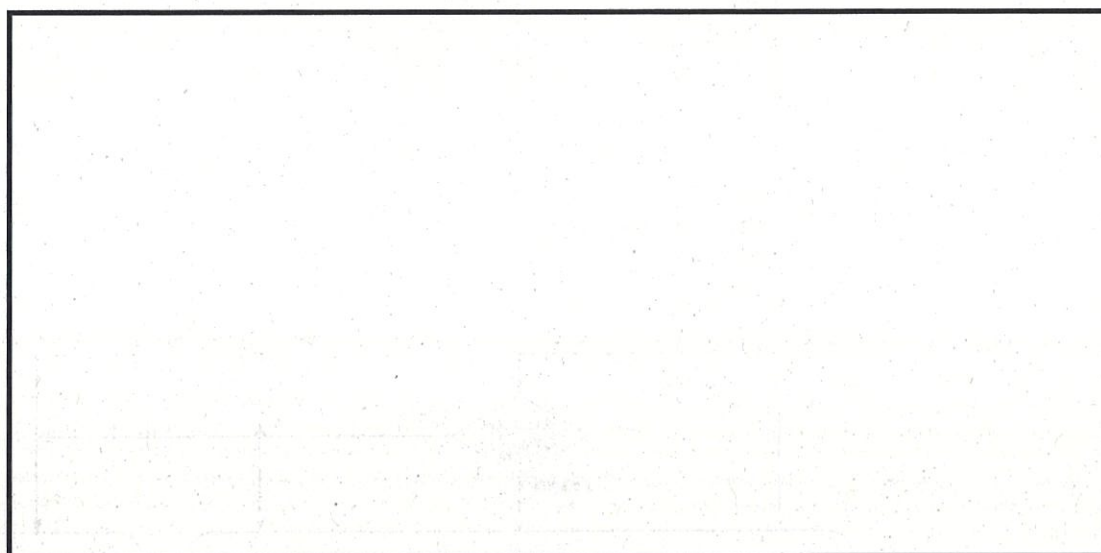


図4 耐震壁等の配置図 (EL24.6m)

(b) 耐震壁等のひび割れについて（弾性域であることの確認）

せん断変形（ $Q-\gamma$ 関係）における第一折点の評価式は、壁板の面内せん断実験における中央斜めひび割れ発生時の平均せん断応力度に対応するよう定められている^(注2)ことから、地震応答解析におけるせん断変形（ $Q-\gamma$ 関係）が、第一折点に納まる場合、水密性に影響のあるせん断ひび割れは生じないと判断する。

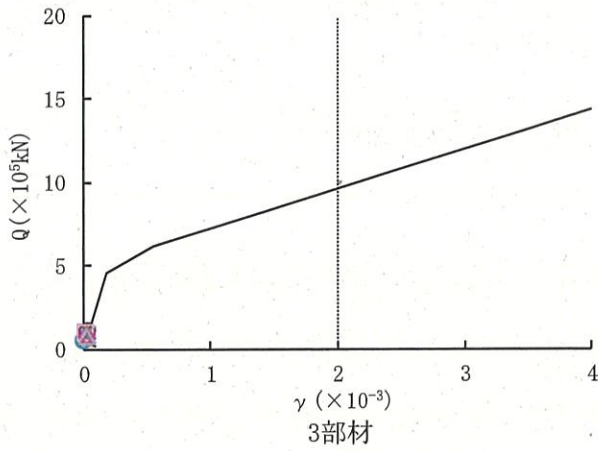
図5に示す地震応答解析結果より、貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁のせん断変形（ $Q-\gamma$ 関係）は、第一折点に納まっている。

（注2）「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」

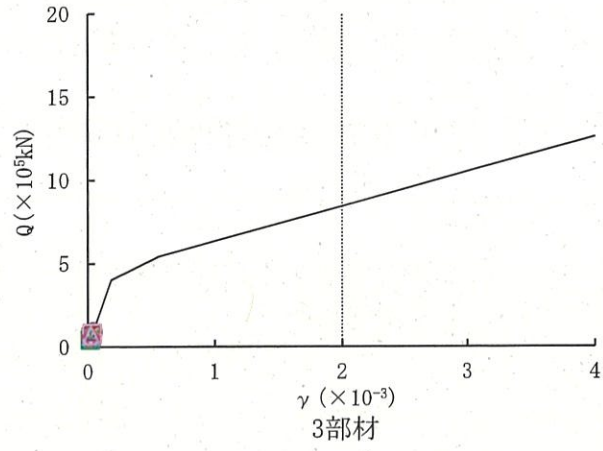
(c) まとめ

貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁について、ひび割れによる溢水影響がないことを確認した。

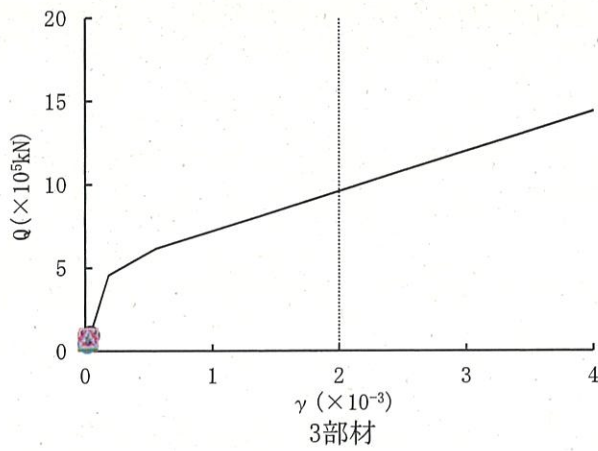
○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



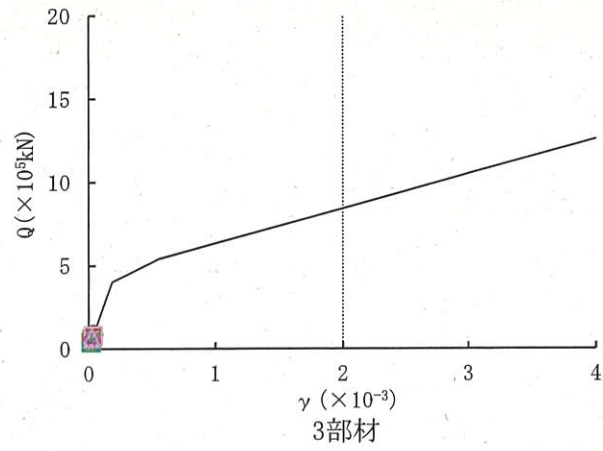
(Ss 基本ケース EW方向)



(Ss 基本ケース NS方向)



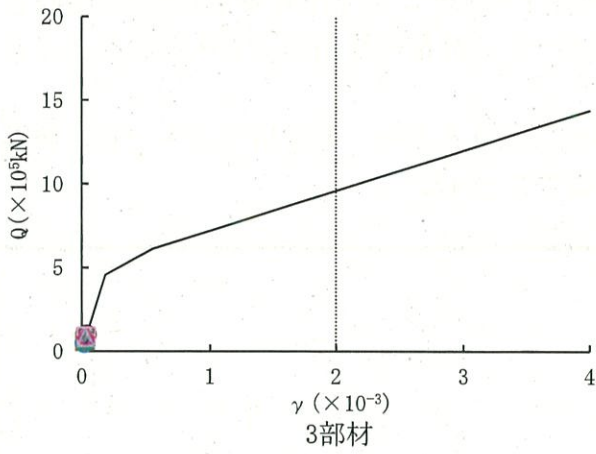
(Ss Vs+1σ ケース EW方向)



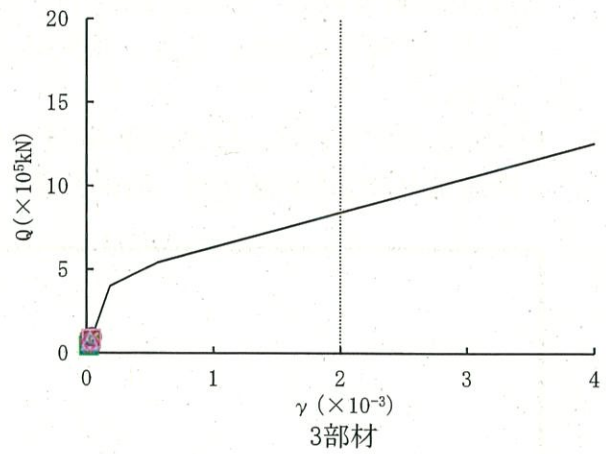
(Ss Vs+1σ ケース NS方向)

図5 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (1/2)
【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より】

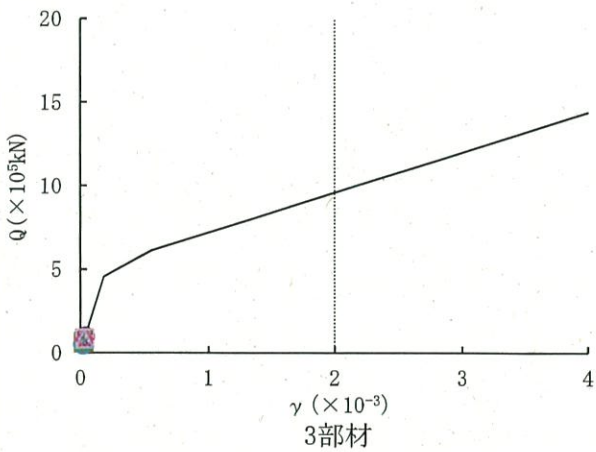
○ : Ss-1	□ : Ss-2-1	◇ : Ss-2-2	△ : Ss-2-3	× : Ss-2-4	+ : Ss-2-5
○ : Ss-2-6	□ : Ss-2-7	◇ : Ss-2-8	△ : Ss-3-1	× : Ss-3-2EW	+ : Ss-3-2NS
○ : Ss-1'	□ : Ss-3-1'	◇ : Ss-3-2EW'	△ : Ss-3-2NS'		



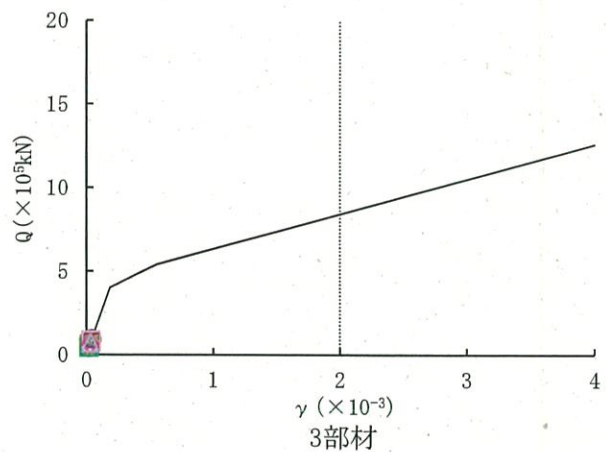
(Ss Vs-1 σ ケース EW方向)



(Ss Vs-1 σ ケース NS方向)



(Ss 減衰3%ケース EW方向)



(Ss 減衰3%ケース NS方向)

図5 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (2/2)
【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より】

b. 取水口からの溢水について

a. 項のとおり、取水口以外からの溢水影響はないことから、取水口からの溢水影響を以下のとおり評価した。

(a) 取水口はコンクリート蓋(約3,900kg)で常時閉止しており、万一、地震によるスロッシング等により取水口から溢水した場合においても、多量の溢水はない。

(b) 取水口設置高さ (EL. 32.45m) は、非常用ガスタービン発電機建屋の地上1階高さ (EL. 32.7m) より低いため、非常用ガスタービン発電機建屋内に溢水が流れることはない。

(c) 図6に示すとおり、溢水は標高が低い西側に流れるため、非常用ガスタービン発電機建屋内の溢水防護区画へ溢水影響を及ぼすことはない。

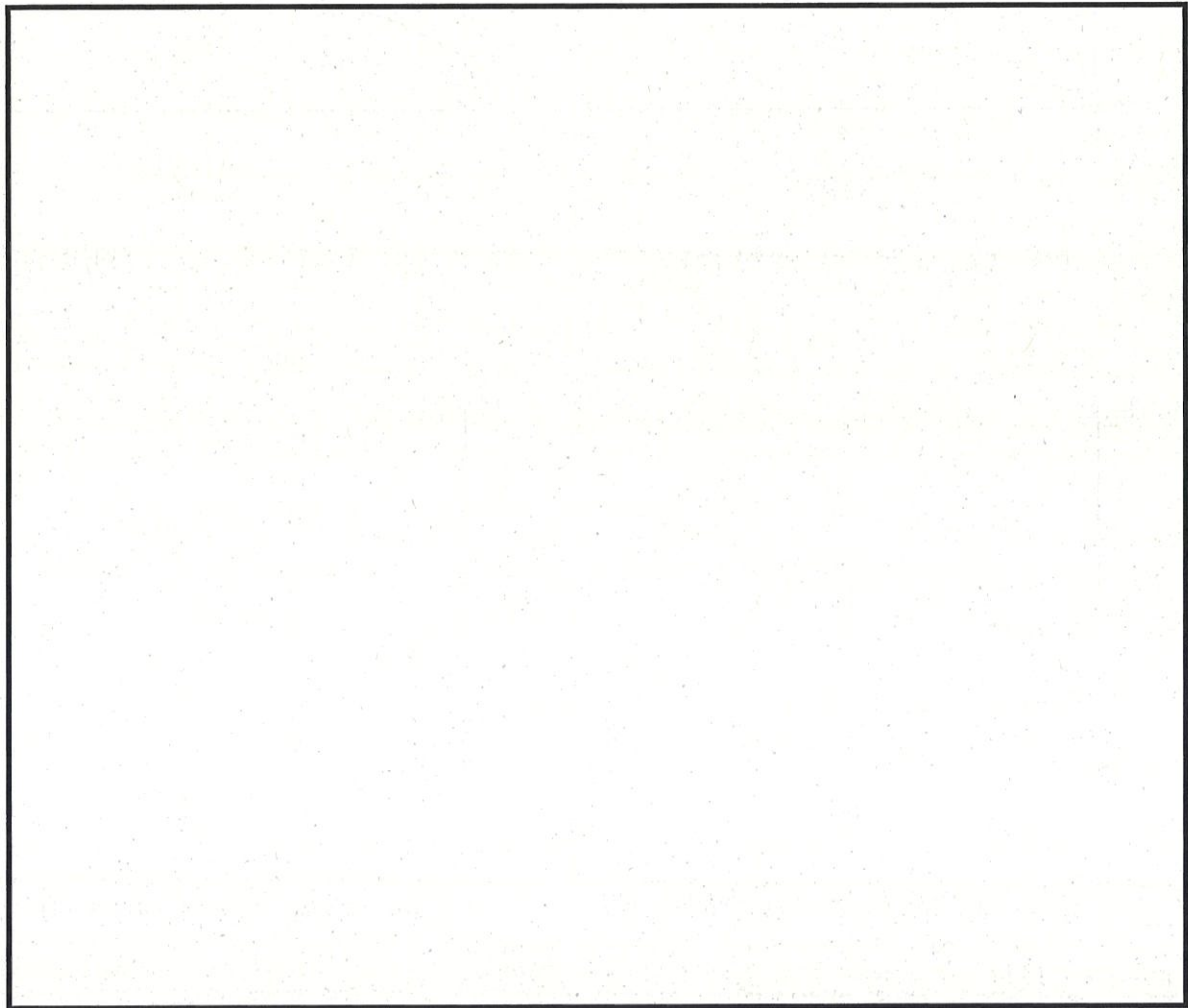


図6 非常用ガスタービン発電機建屋と溢水防護区画の配置

3.

3-1 溢水防護区画毎における機能喪失高さ

本章は、防護すべき設備の機能喪失高さを溢水防護区画毎で整理したものである。
非常用ガスタービン発電機建屋内の溢水防護区画毎に整理した結果を表1に示す。

なお、表1において で示される設備は、溢水防護区画内で最も低い機能喪失高さを有する機器を示している。

表1 溢水防護区画毎の整理結果（非常用ガスタービン発電機建屋）

設置EL[m]	溢水防護区画	DB/SA	常設/可搬	防護すべき設備	機能喪失高さ 床面[m]	機能喪失高さ EL. [m]
41.025	GT-3-A	SA	常設	非常用ガスタービン発電機メタルクラッド開閉装置	0.15	41.175
32.7	GT-2-A	SA	常設	非常用ガスタービン発電機ガスタービン	1.09	33.79
		SA	常設	非常用ガスタービン発電機調速装置	1.01	33.71
		SA	常設	非常用ガスタービン発電機非常調速装置	1.01	33.71
		SA	常設	非常用ガスタービン発電機	0.906	33.606
32.725	GT-2-B	SA	常設	非常用ガスタービン発電機制御盤	0.075	32.8
		SA	常設	非常用ガスタービン発電機励磁装置	0.075	32.8
		SA	常設	非常用ガスタービン発電機保護継電器	0.075	32.8
24.85	GT-1-A	SA	常設	非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ	0.52	25.37

耐震性に関する補足説明資料

1. 機器・配管系の耐震評価手法

(1) 非常用ガスタービン発電機ガスタービン

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<p><u>地震応答解析</u> 3次元FEMモデルにより、固有振動数、応答加速度及び発生荷重を求めめる。</p>	<p>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中央制御室非常用給気フルタユニット及び蓄電池切換盤の耐震評価にて実績のある手法</p>
機能維持評価	<p><u>応力評価</u> 地震応答解析結果から得られる荷重及び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に対して十分な構造強度を有することを確認する。 構造や動作原理等を考慮した地震時異常要因分析結果を踏まえた評価項目を設定し、各評価項目について評価基準値を満足することを確認する。詳細は補足説明資料「5. 非常用ガスタービン発電機ガスタービンの動的機能維持評価について」に示す。</p>	<p>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中央制御室非常用給気フルタユニット及び蓄電池切換盤の耐震評価にて実績のある手法</p>

(2) 非常用ガスタービン発電機燃料油移送ポンプ

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	JEAG4601-1991に記載の横形単段遠心式ポンプの耐震計算方法に基づき評価を実施する。評価式は資料17-14「補機（ポンプ類）の耐震計算について」による。	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ほう酸ポンプの耐震評価にて実績のある手法
機能維持評価	JEAG4601-1991に記載の横形単段遠心式ポンプ及び横形ころがり軸受電動機であり、既往の研究※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する。 ※：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（H22～H24）」	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ほう酸ポンプの耐震評価にて実績のある手法 (既往の研究※等で確認がなされた機能確認済加速度を適用。) ※：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（H10～H13）」

(3) 非常用ガスタービン発電機燃料油サービスタンク

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	JEAG4601-1991に記載の横置円筒形容器の耐震計算方法に基づき評価を実施する。評価式は資料17-13「補機（容器）の耐震計算について」に記載の横置円筒形容器(2脚支持)の耐震計算方法による。	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軽油タンクの耐震評価にて実績のある手法

(4) 非常用ガスタービン発電機燃料油貯油槽

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	JEAG4601-1991に記載の横置円筒形容器の耐震計算方法に基づき評価を実施する。評価式は資料17-13「補機（容器）の耐震計算について」に記載の横置円筒形容器（3脚支持）の耐震計算方法による。	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重油タンクの耐震評価にて実績のある手法

(5) 非常用ガスタービン発電機

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<p>地震応答解析 3次元FEMモデルにより、固有振動数及び応答加速度を求めめる。</p> <p>応力評価 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に対して十分な構造強度を有することを確認する。</p>	<p>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中央制御室非常用給気フィルタユニットの耐震評価にて実績のある手法</p> <p>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中央制御室非常用給気フィルタユニットの耐震評価にて実績のある手法</p>
機能維持評価	<p>JEAG4601-1991に記載の横形ころがり軸受機であり、既往の研究[※]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。</p> <p>※：電力共通研究「動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究 (H22～H24)」</p>	<p>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ほう酸ポンプの耐震評価にて実績のある手法 (既往の研究[※]等で確認がなされた機能確認済加速度を適用。)</p> <p>※：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 (H10～H13)」</p>

(6) 非常用ガスタービン発電機制御盤

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<p>地震応答解析 3次元FEMモデルにより、固有振動数及び応答加速度を求めめる。</p> <p>応力評価 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に対して十分な構造強度を有することを確認する。</p>	<p>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安全保護系計器ラックの耐震評価にて実績のある手法</p> <p>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安全保護系計器ラックの耐震評価にて実績のある手法</p>
機能維持評価	<p>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する。</p>	<p>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安全保護系計器ラックの耐震評価にて実績のある手法</p>

(7) 非常用ガスタービン発電機メタルクラックラックド開閉装置

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	地震応答解析 加振試験により固有振動数及び応答加速度を求めめる。	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ディーゼル発電機制御御盤の耐震評価にて実績のある手法
	応力評価 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ディーゼル発電機制御御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ディーゼル発電機制御御盤の耐震評価にて実績のある手法

(8) 配管（燃料設備配管、ハロンガス供給配管、水消火配管）

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	定ピッチスパン法により設定した標準支持間隔を満足する設計とする。	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低温配管の耐震評価にて実績のある手法

(9) 火災感知器

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価	<p><u>地震応答解析</u> 加振試験及び1質点系モデルにより、固有振動数及び応答加速度を求めめる。</p>	<p>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火災感知器及び補助給水タンク水位の耐震評価にて実績のある手法</p>
機能維持評価	<p><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に対して十分な構造強度を有することを確認する。</p>	<p>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火災感知器の耐震評価にて実績のある手法</p>
	<p>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する。</p>	<p>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火災感知器の耐震評価にて実績のある手法</p>

(10) ハロンボンベ設備

項目	評価手法	既工認の実績
構造強度評価 (ボンベラック)	地震応答解析 3次元FEMモデルにより、固有振動数及び発生荷重を求めめる。	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ハロンボンベ設備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Ss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ハロンボンベ設備の耐震評価にて実績のある手法
機能維持評価 (容器弁)	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ハロンボンベ設備の耐震評価にて実績のある手法

(11) 選択弁

項目	評価手法	既工認の実績
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選択弁の耐震評価にて実績のある手法

(12) ハロン消火設備制御盤

項目	評価手法	既工認の実績
<p>構造強度評価</p>	<p><u>地震応答解析</u> 加振試験により固有振動数及び応答加速度を求めめる。</p>	<p>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ハロンボンベ消火設備制御盤の耐震評価にて実績のある手法</p>
<p>機能維持評価</p>	<p><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に対して十分な構造強度を有することを確認する。</p>	<p>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ハロンボンベ消火設備制御盤の耐震評価にて実績のある手法</p>
	<p>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する。</p>	<p>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ハロンボンベ消火設備制御盤の耐震評価にて実績のある手法</p>

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	2-8
5.1 不等沈下又は相対変位による影響	2-8
5.2 接続部における相互影響	2-12
5.3 建屋内における損傷、転倒及び落下等による影響	2-15
5.4 建屋外における損傷、転倒及び落下等による影響	2-17
6. 下位クラス施設の抽出結果	2-19
6.1 屋外施設の評価対象の抽出	2-19
6.2 接続部の評価対象の抽出	2-21
6.3 屋内施設の評価対象の抽出	2-22
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	2-29

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、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については全て本工事計画による新設の施設であることから、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) 「实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

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。

2.3 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る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29年10月4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

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	非常用ガスタービン発電機 ガスタービン	SA 施設	GT 建屋
E02	非常用ガスタービン発電機 燃料油移送ポンプ	SA 施設	GT 建屋
E03	非常用ガスタービン発電機 燃料油サービスタンク	SA 施設	GT 建屋
E04	非常用ガスタービン発電機 燃料油貯油槽	SA 施設	GT 建屋
E05	非常用ガスタービン発電機	SA 施設	GT 建屋
E06	燃料設備配管	SA 施設	GT 建屋
B01	非常用ガスタービン発電機 制御盤	SA 施設	GT 建屋
B02	非常用ガスタービン発電機 メタルクラッド開閉装置	SA 施設	GT 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

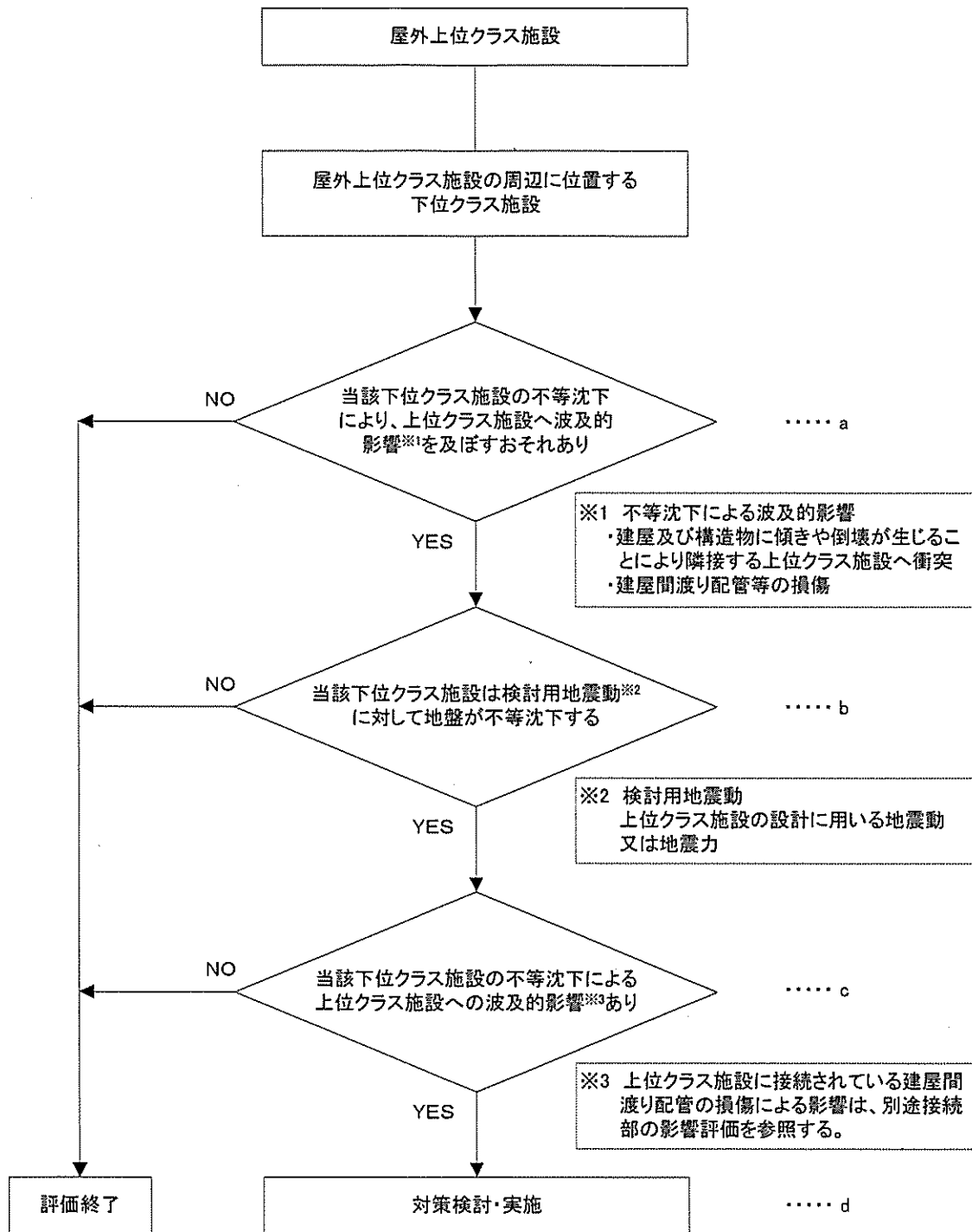
a. で抽出した下位クラス施設について、上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して、基礎地盤が十分な支持性能を持つ岩盤に設置されていることの確認により、不等沈下しないことを確認する。

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。

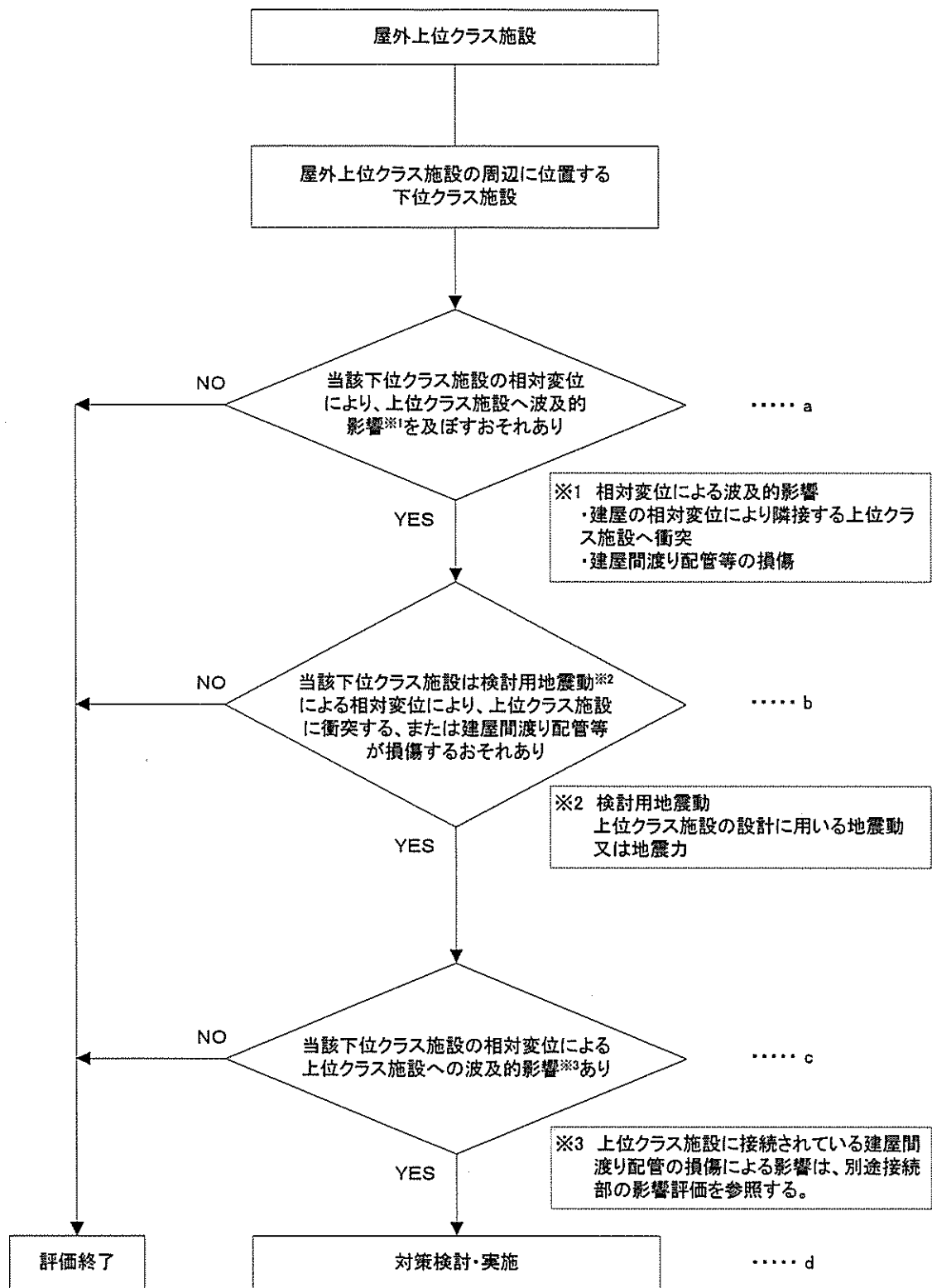
c. 相対変位に伴う波及的影響の評価

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

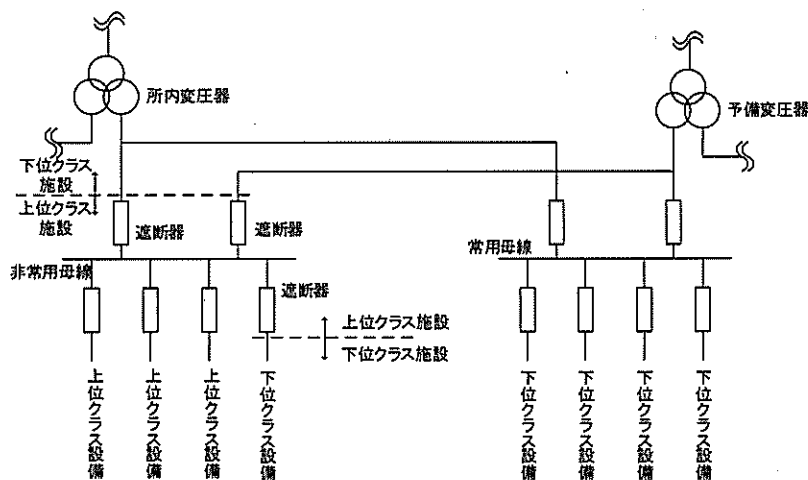
第5-2図のフローに従い、上位クラス施設と接続する下位クラス施設を抽出し、波及的影響を検討する。

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

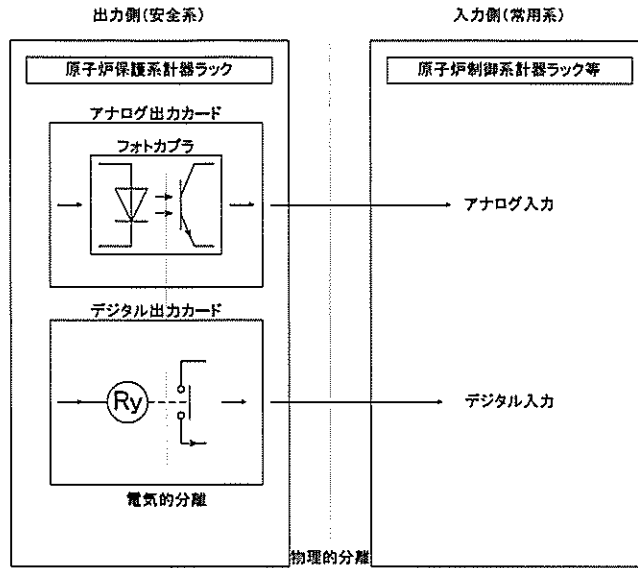
受電系統について、上位クラス施設と下位クラス施設は基本的には系統的に分離した設計としている。一部の受電系統において上位クラス施設と下位クラス施設との接続はあるが、これらの接続は遮断器を介しており、下位クラス施設の故障が生じた場合には、遮断器（上位クラス施設）の動作により事故範囲を隔離する設計としており、下位クラス施設の故障が上位クラス施設に波及することがない設計としている。



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、フォトカ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

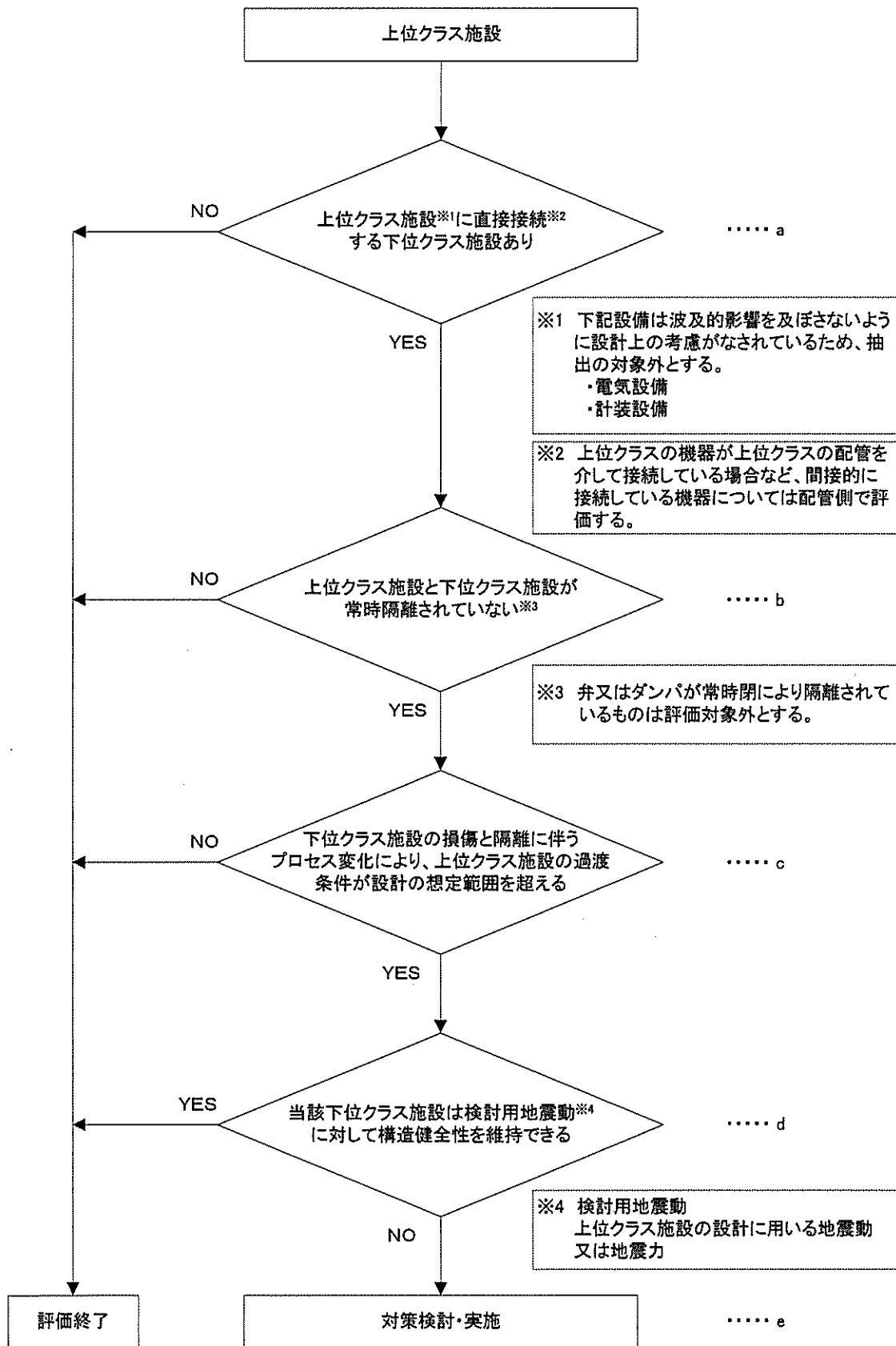
b. で抽出した下位クラス施設について、下位クラス施設が損傷した場合の系統隔離等に伴うプロセス変化による上位クラス施設の過渡条件が設計の想定範囲内であることを確認する。

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

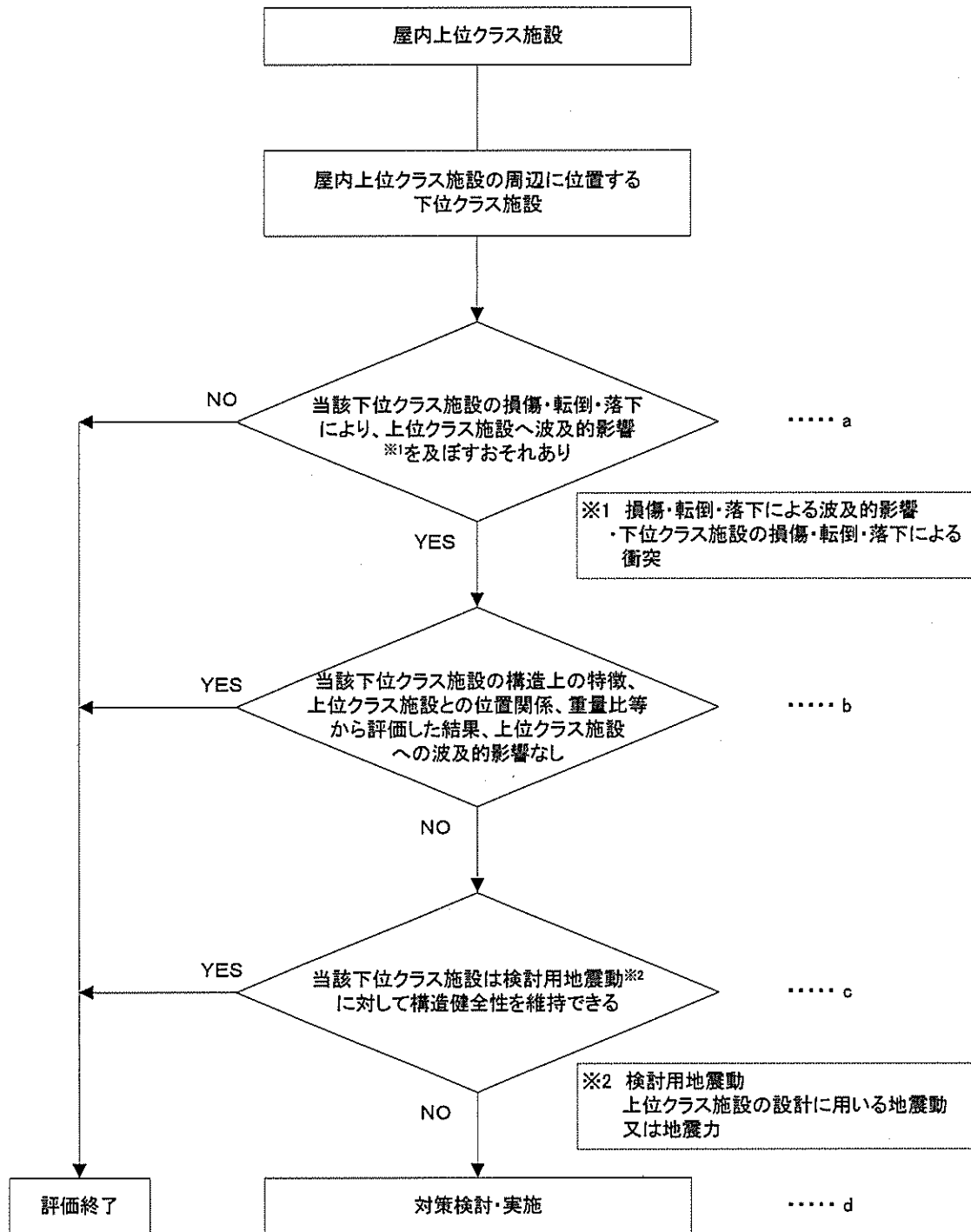
a. で抽出された下位クラス施設について、構造上の特徴、上位クラス施設との位置関係、重量比等を踏まえて、損傷、転倒及び落下等を想定した場合の上位クラス施設への影響を評価し、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

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

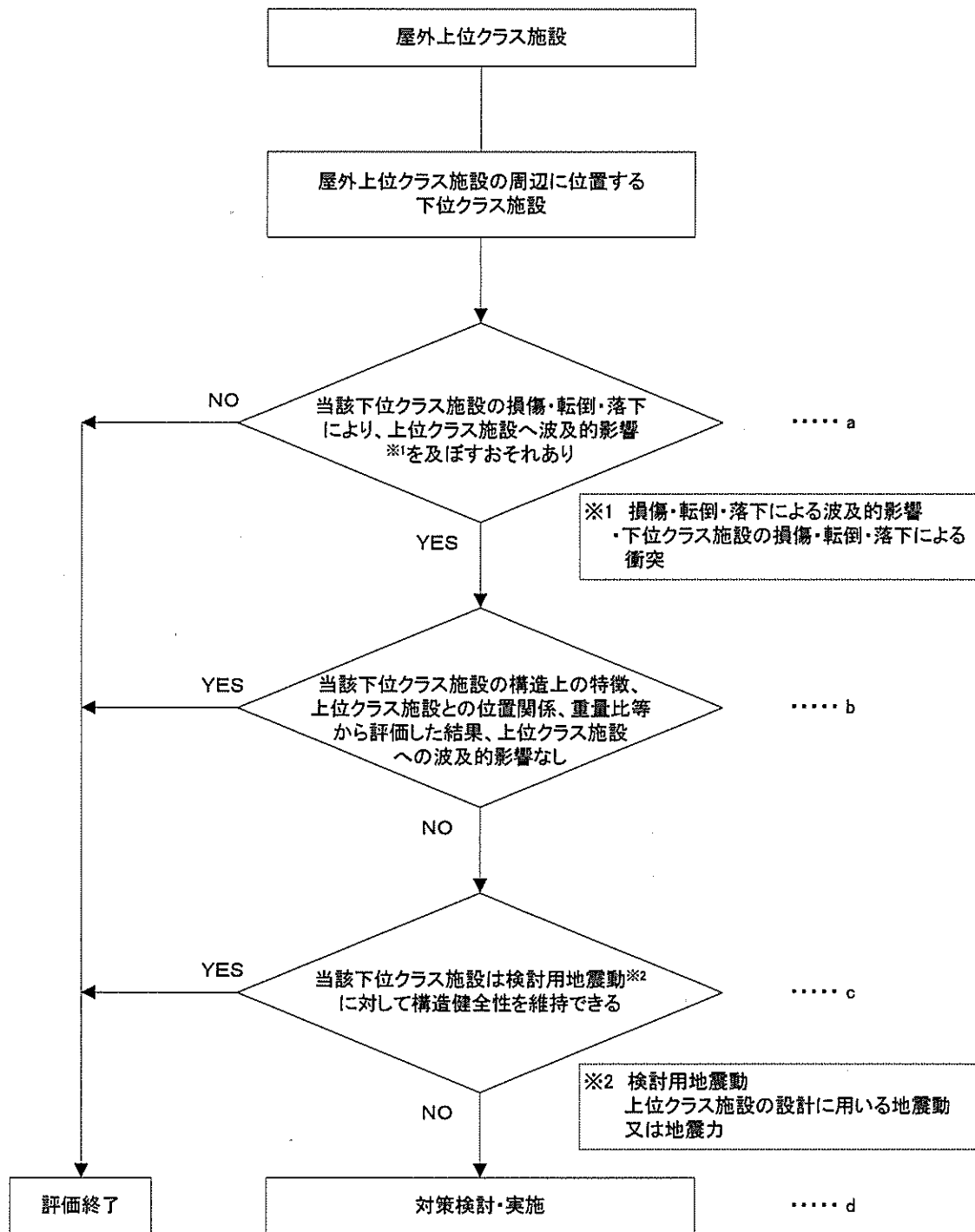
a. で抽出された下位クラス施設について、構造上の特徴、上位クラス施設との位置関係、重量比等を踏まえて、損傷、転倒及び落下等を想定した場合の上位クラス施設への影響を評価し、上位クラス施設の機能を損なうおそれがないことを確認する。

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5-4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、その地盤の不等沈下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。

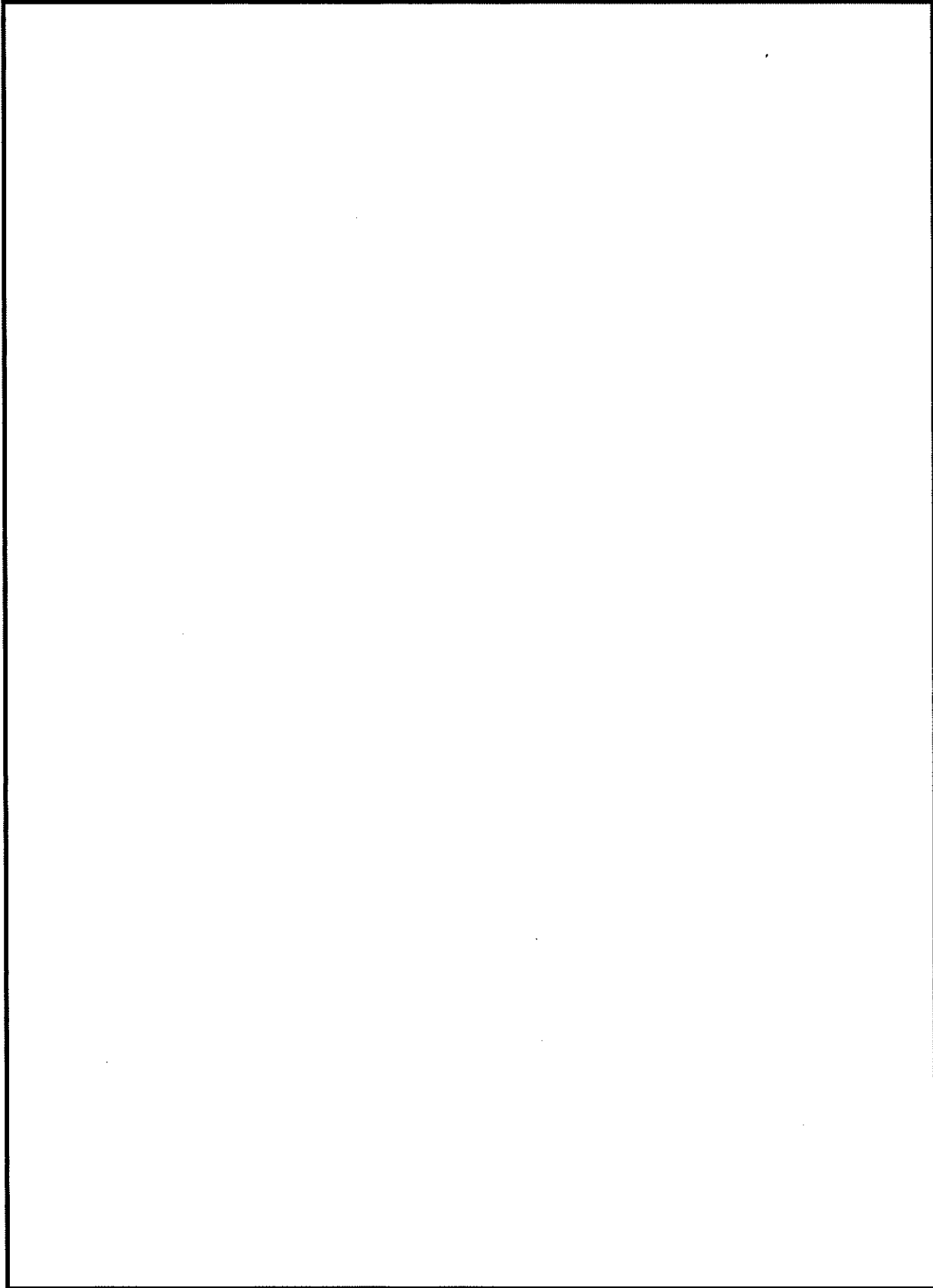
(2) 建屋の相対変位による影響

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。

(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 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、抽出された評価対象接続部について整理したものを第6-1表に示す。

第6-1表 上位クラス施設と下位クラス施設の接続部一覧

整理番号	上位クラス施設	設置場所	下位クラス施設との接続 (有:○無:×)	評価対象	接続配管等	備考
E01	非常用ガスタービン 発電機ガスタービン	GT建屋	○	○	燃料ノズル冷却用 空気圧縮機	
E02	非常用ガスタービン 発電機燃料油移送ポンプ	GT建屋	×	-	-	
E03	非常用ガスタービン 発電機燃料油 サービスタンク	GT建屋	○	×	ドレンライン	常時閉運用のため 評価対象外
				○	ベントライン	
E04	非常用ガスタービン 発電機燃料油貯油槽	GT建屋	○	○	ベントライン	
E05	非常用ガスタービン 発電機	GT建屋	×	-	-	
E06	燃料設備配管	GT建屋	○	×	非常用ガスタービン 発電機 燃料油手動ポンプ	常時閉運用のため 評価対象外

6.3 屋内施設の評価対象の抽出

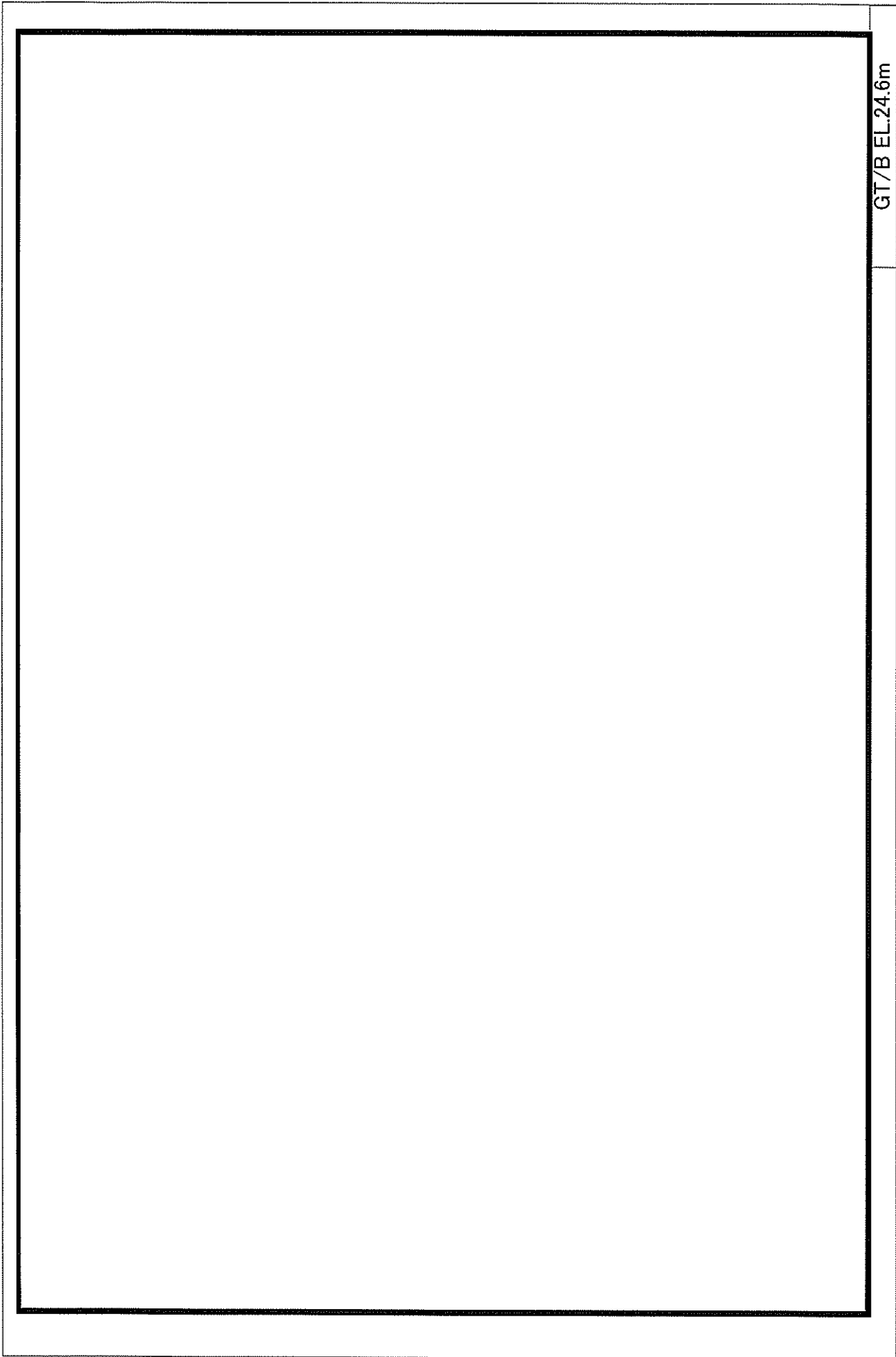
6.3.1 抽出手順

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）。

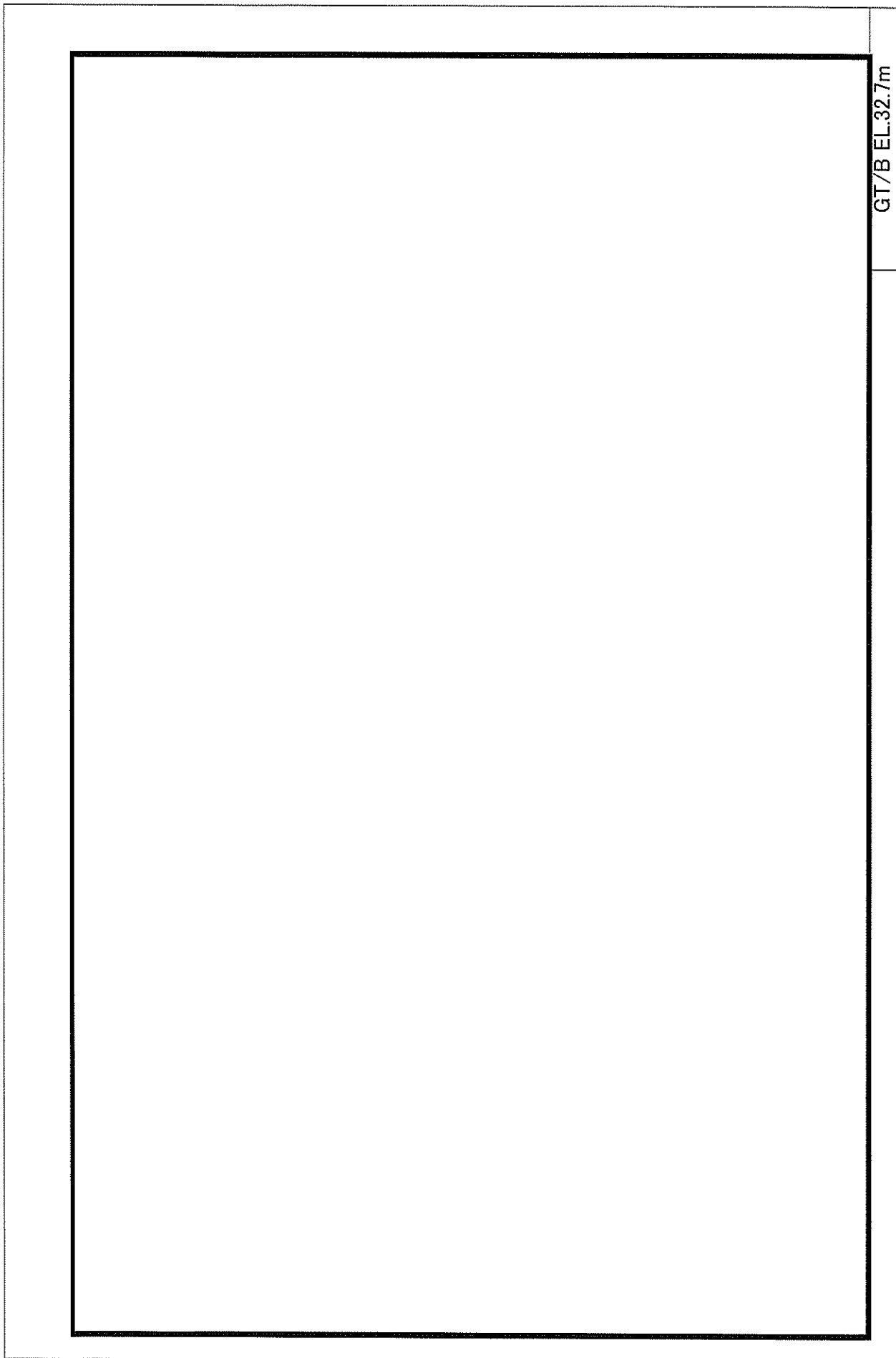
6.3.2 抽出結果

机上検討の結果を第6-2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。



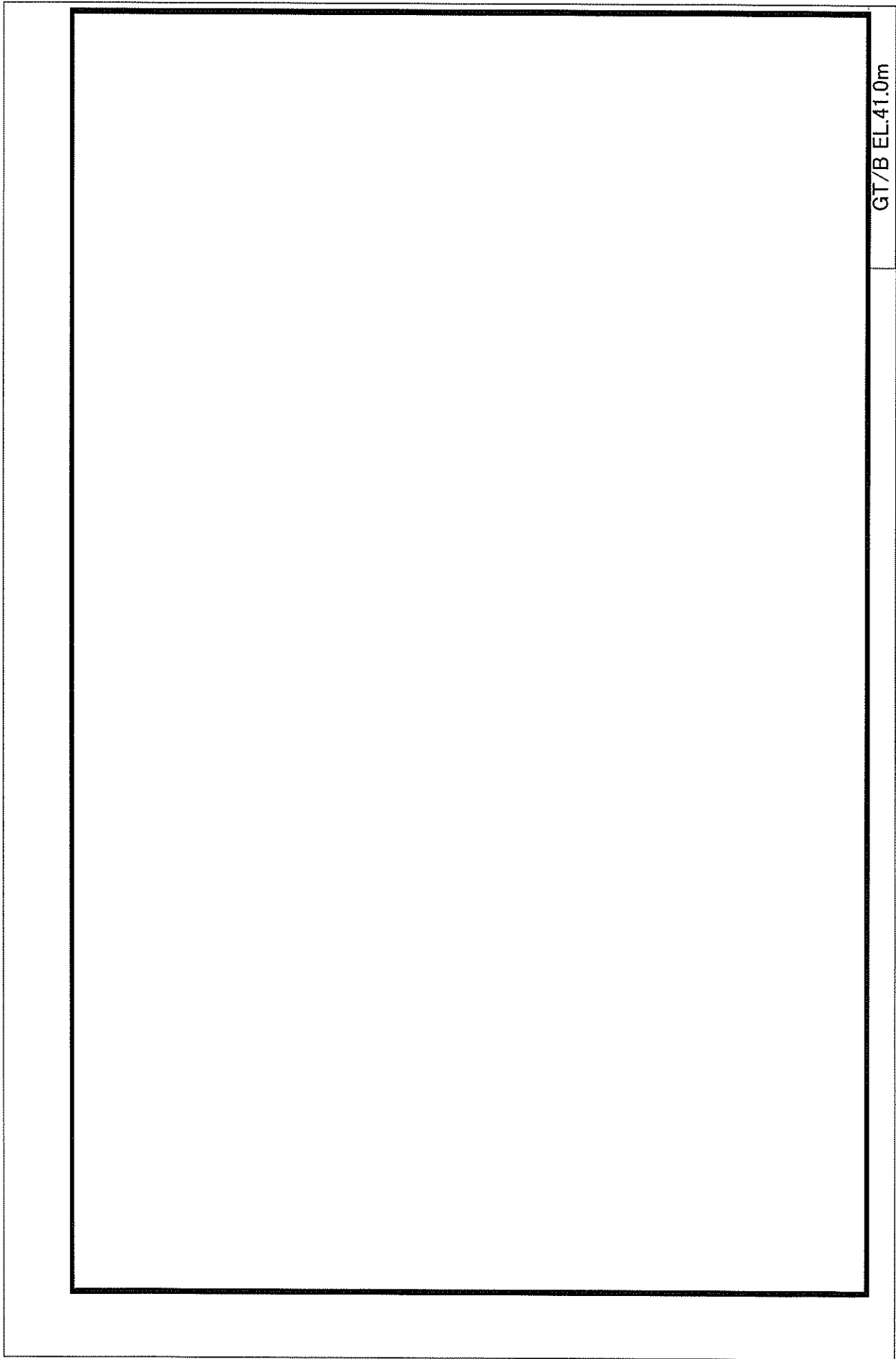
GT/B EL.24.6m

第6-1図 屋内上位クラス施設配置図 (1/3)



GT/B EL.32.7m

第6-1図 屋内上位クラス施設配置図 (2/3)



GT/B EL.41.0m

第6-1図 屋内上位クラス施設配置図 (3/3)

第6-2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) 損傷・転倒・落下		備考
E01	非常用ガスタタービン発電機 ガスタタービン	GT 建屋	—	×		
E02	非常用ガスタタービン発電機 燃料油移送ポンプ	GT 建屋	—	×		
E03	非常用ガスタタービン発電機 燃料油サービスタンク	GT 建屋	—	×		
E04	非常用ガスタタービン発電機 燃料油貯油槽	GT 建屋	—	×		
E05	非常用ガスタタービン発電機	GT 建屋	—	×		
E06	燃料設備配管	GT 建屋	—	×		
B01	非常用ガスタタービン発電機 制御盤	GT 建屋	—	×		
B02	非常用ガスタタービン発電機 メタルクラッド開閉装置	GT 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で抽出した上位クラス施設と下位クラス施設との接続部の影響評価結果を第7-1表で示す。

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。

第7-1表 上位クラス施設と下位クラス施設との接続部の評価結果

屋内上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス接続配管等 【】：耐震クラス	評価結果	備考
非常用ガスタタービン発電機ガスタタービン	燃料ノズル冷却用空気圧縮機 <small>(注)</small> 【C】	非常用ガスタタービン発電機待機時又は運転時は、隔離弁により閉運用とするため、波及的影響を及ぼすことはない。	
非常用ガスタタービン発電機燃料油サービスタック	ベントライン 【C】	ベントラインは非常用ガスタタービン発電機燃料油サービスタック内の燃料油面より上部に接続されており、損傷により燃料油が外部に漏洩するおそれはない。	
非常用ガスタタービン発電機燃料油貯油槽	ベントライン 【C】	ベントラインは非常用ガスタタービン発電機燃料油貯油槽内の燃料油面より上部に接続されており、損傷により燃料油が外部に漏洩するおそれはない。	

(注) 燃料ノズル冷却用空気圧縮機は、燃料ノズル内の残留燃料油を冷却するために、非常用ガスタタービン発電機運転後に使用する。

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. 建物・構築物の地震応答解析について

伊方3号機（非常用ガスタービン発電機）工事計画に係る説明資料
（耐震性に関する説明書）

■資料No. 3 建物・構築物の地震応答解析について

資料 No.	補足説明資料		備考 (該当添付資料)
	(名称)	(概要)	
3-1	地震荷重と風荷重、積載荷重と積雪荷重の比較	耐震計算における地震荷重と風荷重及び積載荷重と積雪荷重の比較結果を示す。	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
3-2	鉄筋コンクリート部の減衰定数を3%とした地震応答解析結果	鉄筋コンクリート部の減衰定数を3%とした地震応答解析結果を示す。	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
3-3	地盤物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果	地盤物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示す。	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
3-4	地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定	地震応答解析において考慮した耐震壁のせん断スケルトンカーブの設定方法を示す。	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
3-5	地震応答解析モデルの固定・積載荷重	地震応答解析モデルにおける固定・積載荷重等の設定方法を示す。	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
3-6	入力地震動算定及び地盤ばね設定の妥当性	地震応答解析における入力地震動算定及び地盤ばね設定の妥当性を示す。	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
3-6 別紙	一体解析法による耐震性への影響評価	地盤と建屋の一体モデルによる建屋応答が耐震性への影響がないことを示す。	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

伊方発電所3号機（非常用ガスタービン発電機）

建物・構築物の地震応答解析についての補足説明資料

3-1 地震荷重と風荷重、積載荷重と積雪荷重の比較

目 次

	頁
1. 概要	3-1-1
2. 地震荷重と風荷重の比較	3-1-2
2.1 速度圧の算定	3-1-2
2.2 荷重の比較	3-1-8
3. 積載荷重と積雪荷重の比較	3-1-11
4. まとめ	3-1-12
(参考)地震応答解析モデル及び解析手法の概要について	3-1-13

1. 概要

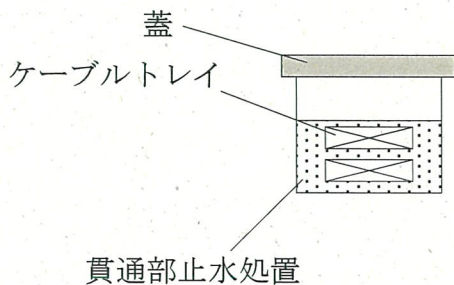
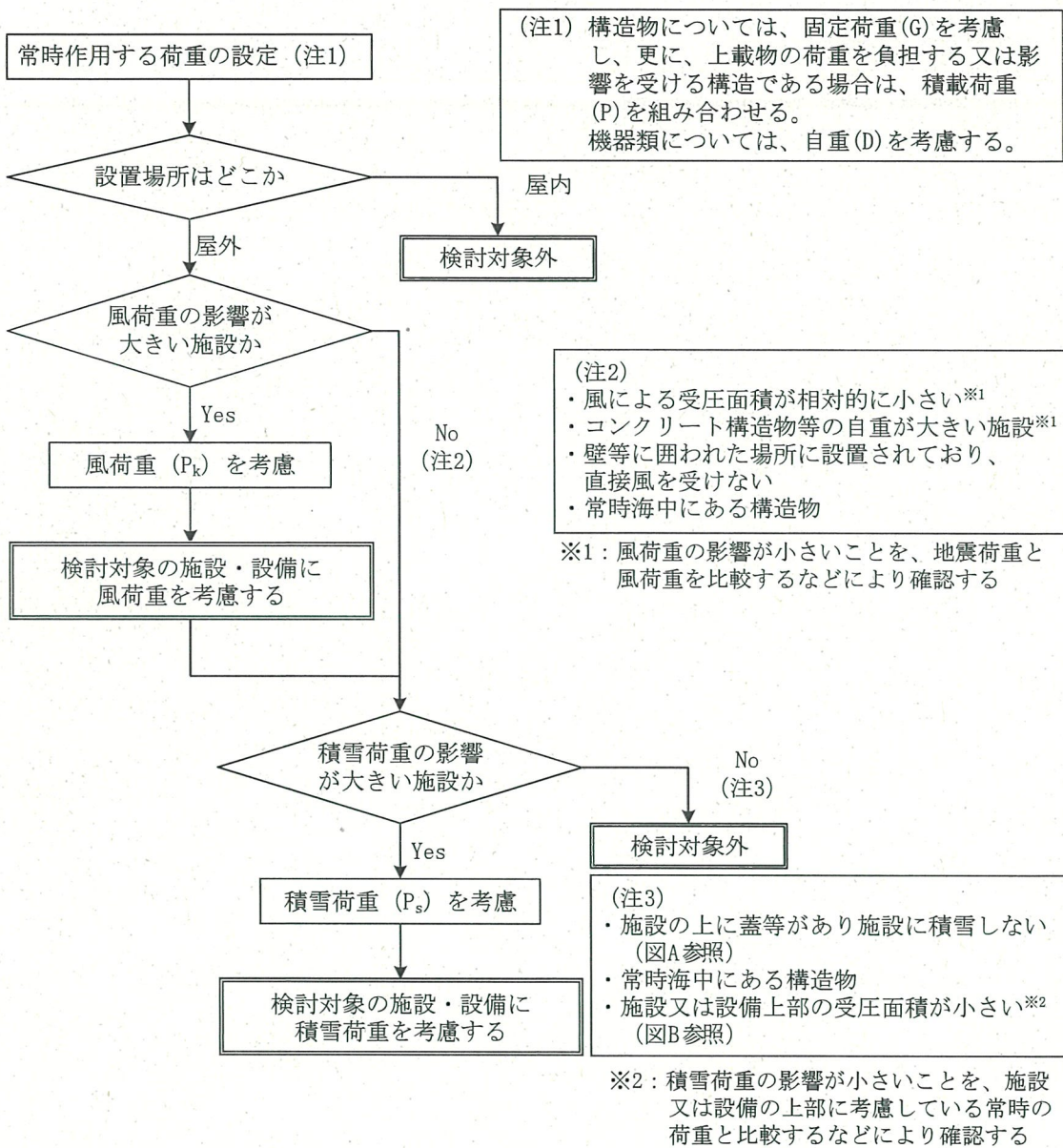
資料17-9「機能維持の基本方針」において、風荷重については、鉄筋コンクリート構造物などの自重が大きい施設を除いて、地震力と組み合わせることとしている。本資料は、地震応答解析を実施する非常用ガスタービン発電機建屋について、地震荷重と風荷重との比較を行い、風荷重の影響が小さいことを確認することで、風荷重と地震荷重との組合せを考慮する必要がないことを説明するものである。

また、資料17-9「機能維持の基本方針」において、積雪荷重については、積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物など常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力と組み合わせることとしている。本資料は、地震応答解析を実施する非常用ガスタービン発電機建屋について、積雪荷重が積載荷重に包絡されることを確認することで、積雪荷重と地震荷重との組合せは、積載荷重と地震荷重との組合せで考慮されることを説明するものである。

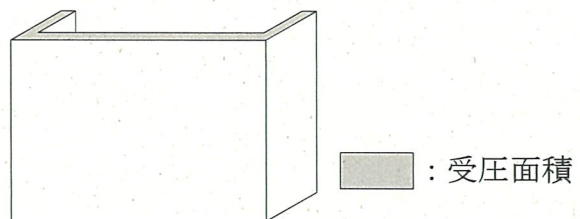
耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フローを第1-1図に示す。

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17-15-1「非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析」



図A：蓋等により積雪しない場合の例



図B：上部の受圧面積が小さい場合の例

第1-1図 耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フロー

2. 地震荷重と風荷重の比較

2.1 速度圧の算定

非常用ガスタービン発電機建屋の風荷重の評価条件である速度圧を表2-1表に示す。また、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2-1図及び第2-2図に示す。

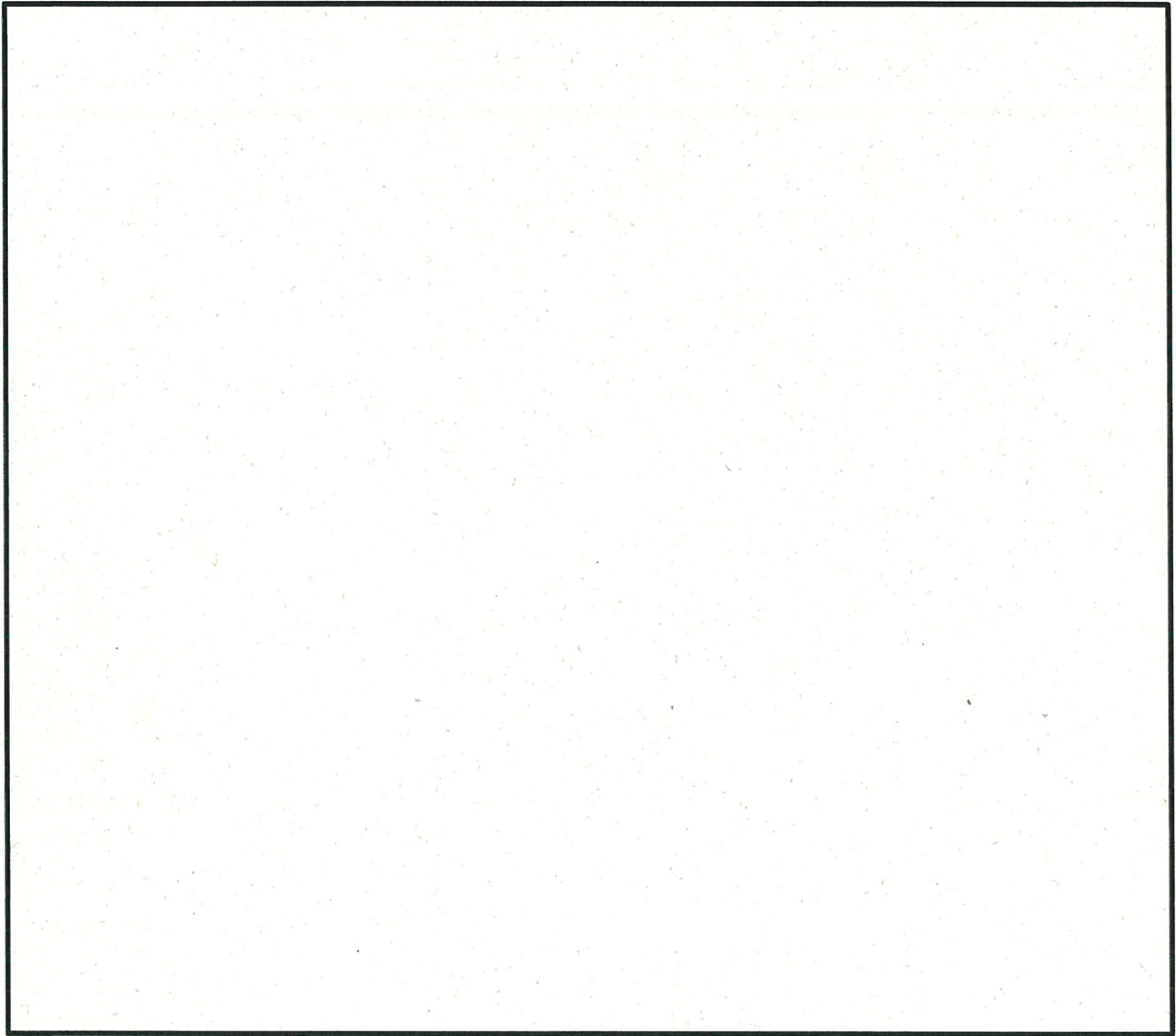
第2-1表 速度圧

	基準風速 V_0 (m/s)	全高H (m)	Z_G (m)	α	ガスト 影響係数G	速度圧q (N/m ²)
非常用 ガスタービン 発電機建屋	34	15.0	350	0.15	1.0	780

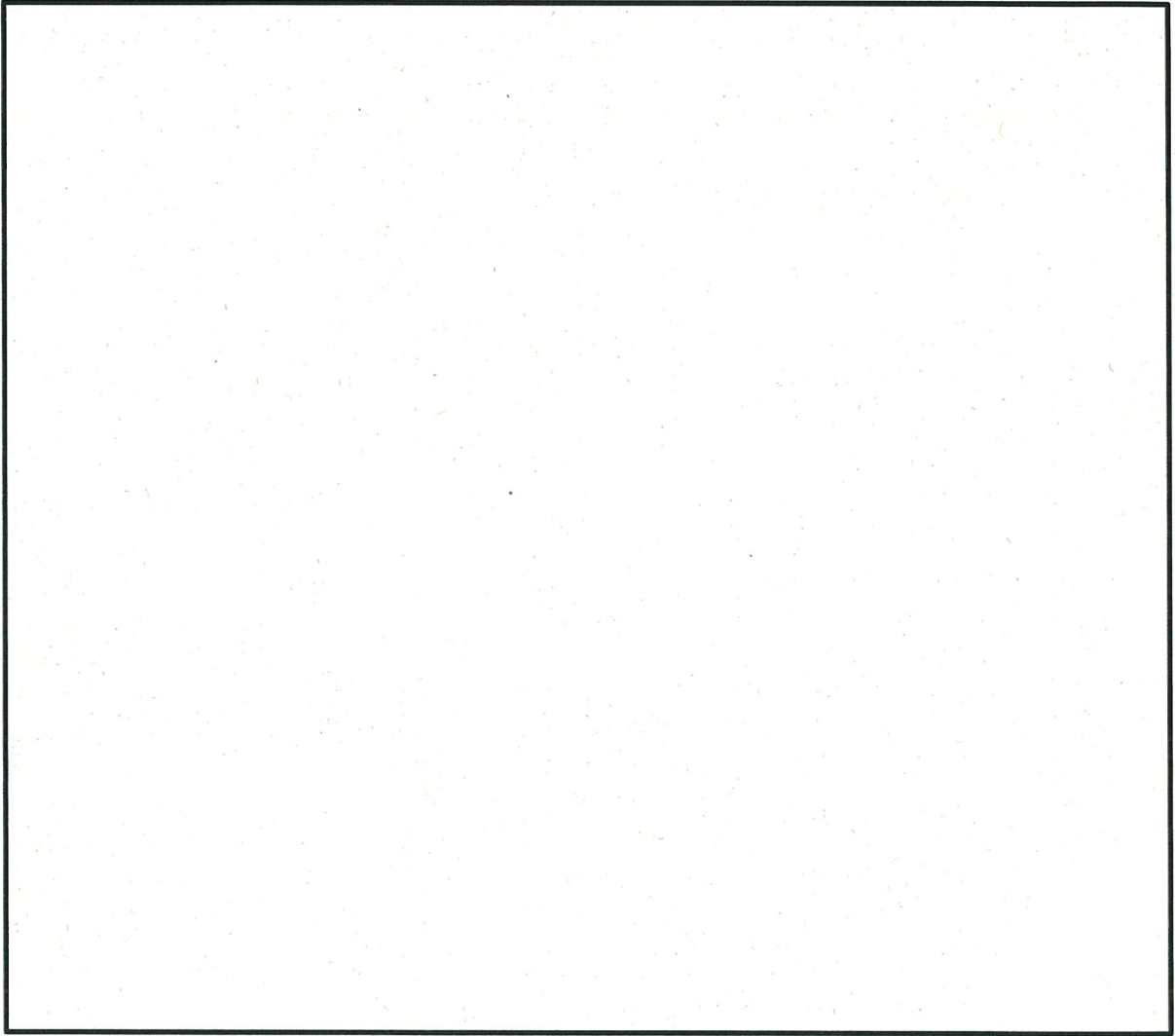
(注) 伊方発電所敷地状況より、地表面粗度区分はⅡとする。

H : GLを基準として設定する。

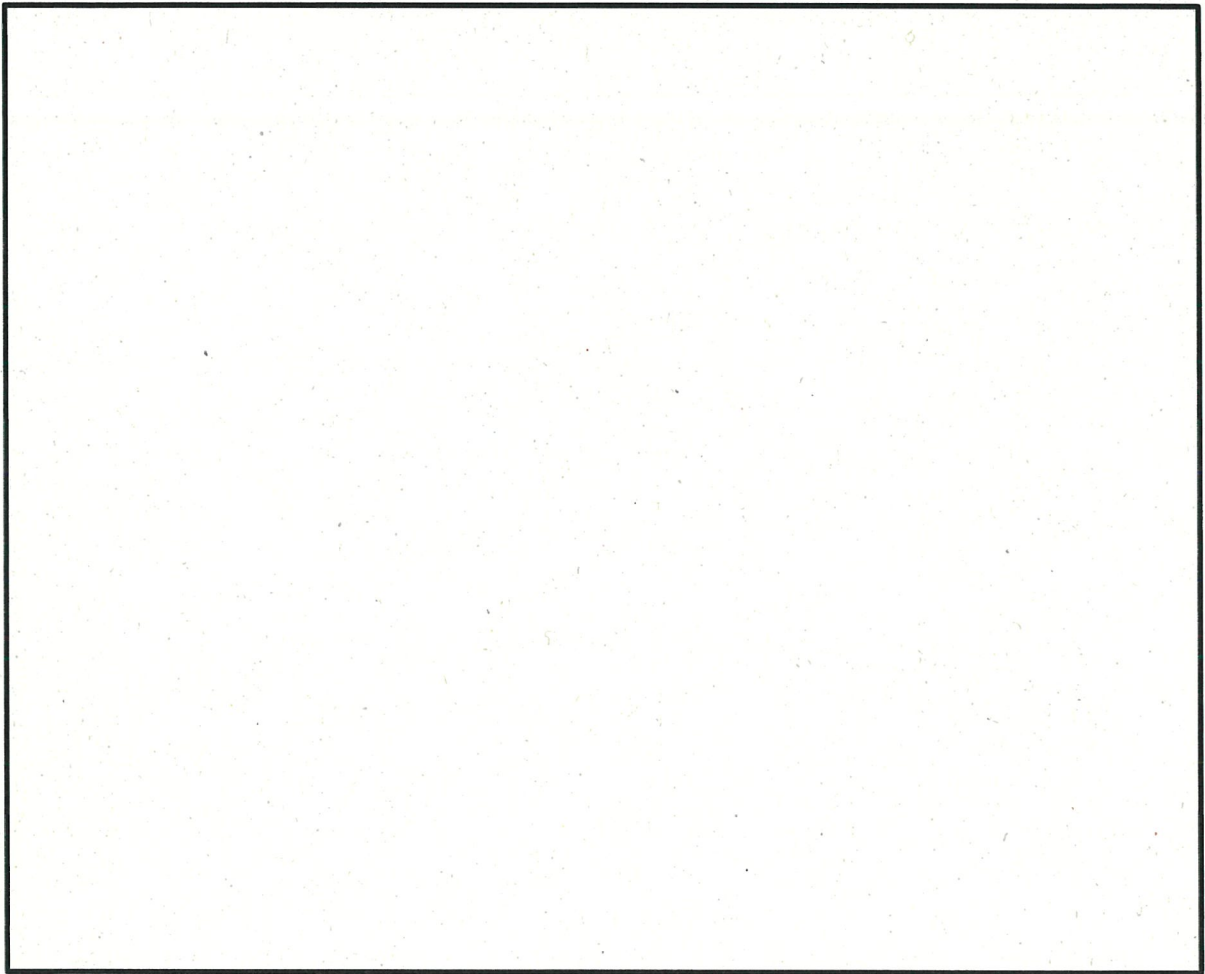
Z_G 、 α : 地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
地震と組み合わせる場合のガスト影響係数は1.0とする。



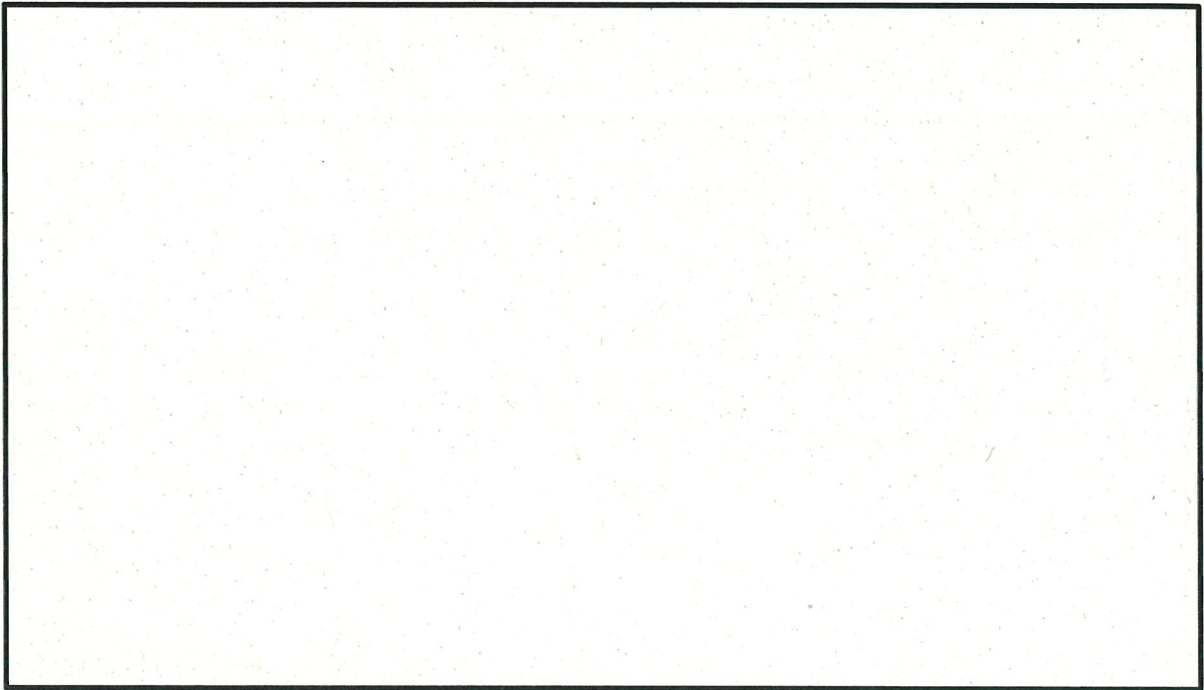
第2-1図 (1/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 24.6m)



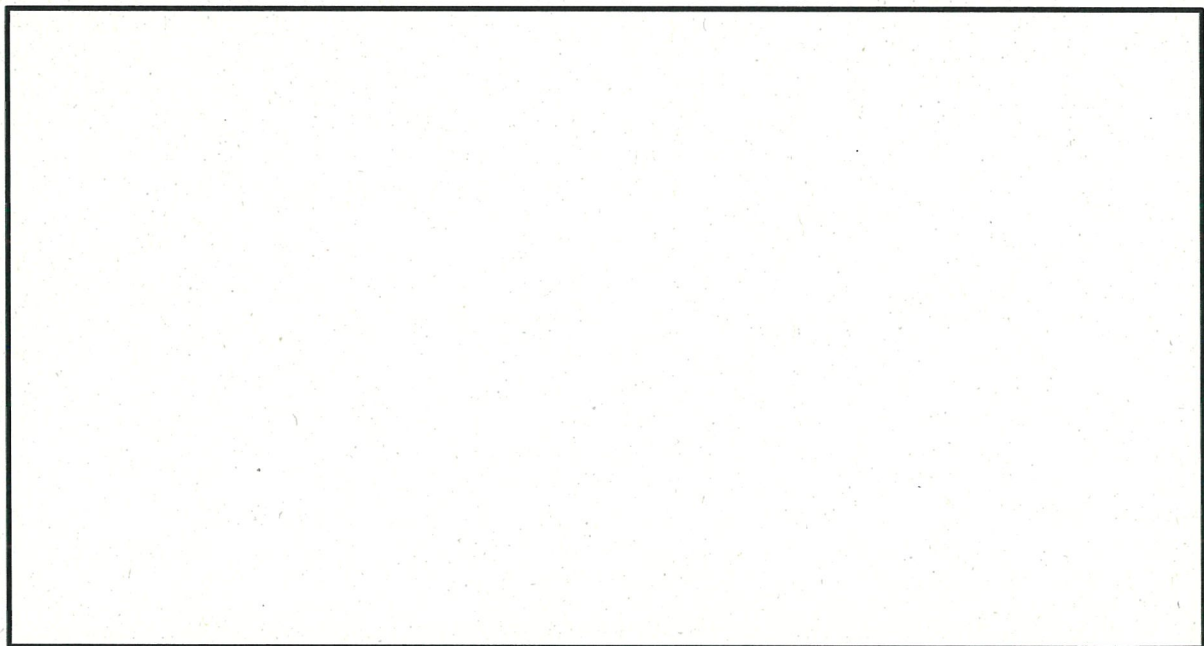
第2-1図 (2/3) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略平面図 (EL. 32.7m)



第2-1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2-2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)

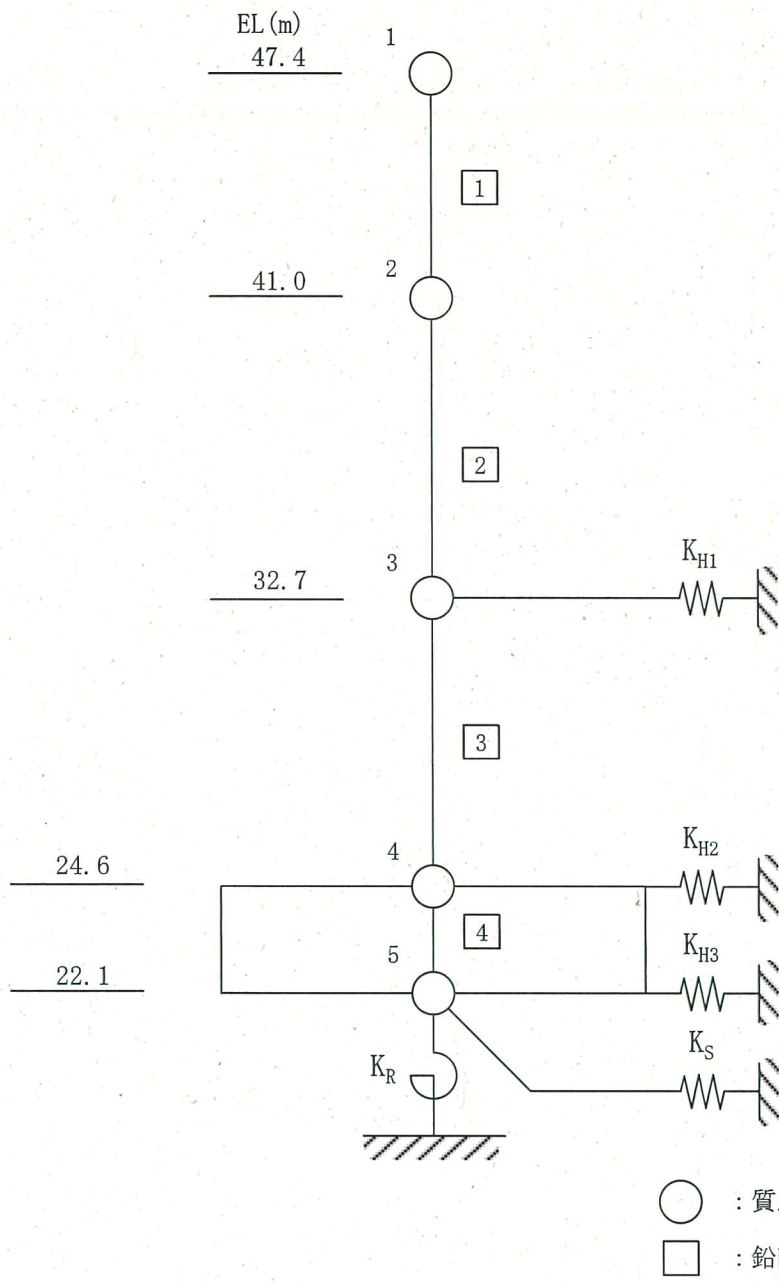


第 2-2 図 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の概略断面図 (B-B 断面)

2.2 荷重の比較

風荷重による層せん断力について、第2-1表に示す速度圧に基づき算出する。ここで、風荷重による層せん断力は、風荷重により発生する建屋の地震応答解析モデルにおける部材の層せん断力である。また、地震荷重による層せん断力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より得られた最大応答せん断力である。

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデルを第2-3図に示す。また、非常用ガスタービン発電機建屋の風荷重を第2-2表、風荷重による層せん断力と地震荷重による層せん断力の比較を第2-3表に示す。



第2-3図 非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデル（水平方向）

第2-2表 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の風荷重 (EW方向)

質点 番号	高さ EL. (m)	風力係数 C		受圧面積 A(m ²)	速度圧q (N/m ²)	風荷重 (kN)
		風上	風下			
1	47.4	0.8	0.4	300	780	281
2	41.0	0.68	0.4	230	780	194

第2-2表 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の風荷重 (NS方向)

質点 番号	高さ EL. (m)	風力係数 C		受圧面積 A(m ²)	速度圧q (N/m ²)	風荷重 (kN)
		風上	風下			
1	47.4	0.8	0.4	380	780	356
2	41.0	0.68	0.4	310	780	262

第2-3表 (1/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の層せん断力の比較 (EW方向)

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① (×10 ³ kN)	地震荷重による 層せん断力 ② (×10 ³ kN)	層せん断力比 ②/①
1	0.281	51.5	183.3
2	0.475	115.4	242.9

第2-3表 (2/2) 非常用ガスタービン発電機建屋の層せん断力の比較 (NS方向)

部材 番号	風荷重による 層せん断力 ① (×10 ³ kN)	地震荷重による 層せん断力 ② (×10 ³ kN)	層せん断力比 ②/①
1	0.356	36.3	102.0
2	0.618	80.0	129.4

3. 積載荷重と積雪荷重の比較

積載荷重と積雪荷重の比較を第3-1表に示す。

第3-1表 積雪荷重及び積載荷重の比較

	地震荷重と組合 せる積雪荷重 ①※ (N/m ²)	地震荷重と組合 せる積載荷重 ② (N/m ²)	荷重比 ②/①
非常用 ガスタービン 発電機建屋	140	300	2.1

※：建築基準法の多雪区域における積雪荷重及び地震荷重の組合せを適用して「愛媛県垂直積雪量に関する規則」（平成12年6月1日規則第42号）による伊方町の垂直積雪量20cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮して算出。

4. まとめ

本資料では、地震応答解析を実施する非常用ガスタービン発電機建屋について、地震荷重と風荷重を比較した結果、風荷重の影響が小さいことから風荷重と地震荷重との組合せを考慮する必要はないことを確認した。また、積雪荷重が積載荷重に包絡されることから、積雪荷重と地震荷重との組合せは、積載荷重と地震荷重との組合せで考慮されることを確認した。

(参考) 地震応答解析モデル及び解析手法の概要について

1. 概要

本資料は、非常用ガスタービン発電機建屋について、地震応答解析モデル及び解析手法の概要を説明するものである。

2. 地震応答解析モデル及び解析手法の概要

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析モデル及び解析手法の概要について、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 13-16-5 「原子炉補助建屋の地震応答解析」における伊方 3 号機原子炉補助建屋と併せて参考 2-1 表に示す。

非常用ガスタービン発電機建屋の地震応答解析については、埋設された地下部を有するものの構造物の過半は地上部にあり構造物の応答が支配的と想定されるとともに、基礎の浮き上がりなどの非線形性を考慮する必要があること、並びに埋設された地下部を有する構造物での非線形性を考慮した埋込 SR モデルによる審査実績も多いことを踏まえ、非線形性を考慮した応答解析を簡便に実施できるサブストラクチャ法（入力地震動と地盤ばねを別々に評価）を採用している。

参考 2-1 表 地震応答解析モデル及び解析手法の概要

項目	非常用ガスタービン発電機建屋	伊方3号機原子炉補助建屋	備考	
解析手法	・サブストラクチャ法（入力地震動と地盤ばねを別々に評価）を用いた時刻歴応答解析（非線形）	・同左		
解析コード	・NUPP4 Ver. 1. 4. 6	・TDAPIII Ver. 3. 03		
構造物のモデル化	モデル	・水平方向：一軸多質点系 曲げせん断棒モデル （直交2断面をモデル化） ・鉛直方向：一軸多質点系軸棒モデル	・水平方向：多軸多質点系 曲げせん断棒モデル （直交2断面をモデル化） ・鉛直方向：多軸多質点系軸棒モデル	
	材料物性	・コンクリートのヤング係数、ポアソン比 $E=2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、 $\nu=0.2$	・同左	①
	剛性評価	・面内壁：層のせん断及び曲げ剛性に考慮 ・面外壁：層の曲げ剛性に考慮 ・床、基礎：剛床仮定で質点に縮約	・面内壁：同左 ・面外壁：同左 ・床、基礎：同左	
	減衰定数	・RC：5%	・同左	
地盤のモデル化	底面ばね	・水平方向：水平及び回転ばねを考慮 ・鉛直方向：鉛直ばねを考慮	・水平方向：同左 ・鉛直方向：同左	② ③
	側面ばね	・水平方向：水平ばねを考慮 ・鉛直方向：考慮せず	・水平方向：考慮せず ・鉛直方向：同左	
非線形特性	耐震壁	・水平方向：考慮 ・鉛直方向：考慮せず	・水平方向：同左 ・鉛直方向：同左	②
	地盤	・水平方向：基礎浮上りによる非線形考慮 ・鉛直方向：考慮せず	・水平方向：同左 ・鉛直方向：同左	
入力地震動	入力方法	・地盤ばねを介して入力 ・水平、鉛直方向の地震動による解析をそれぞれ実施	・同左	③
	算定方法	・基準地震動を元に、1次元波動論により引き戻し、2次元FEM解析により立ち上げて算定	・基準地震動を直接入力	
材料物性等の不確かさ	・RC減衰：耐震設計に反映（3%） ・地盤物性：耐震設計に反映（ $\pm\sigma$ ） ・Fc実強度：影響検討（補助壁含む）	・RC減衰：考慮せず ・地盤物性：同左 ・Fc実強度：同左	④ ⑤	

①：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）に基づき設定。

②：原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版（（社）日本電気協会）に基づき設定。

側面ばねについて、非常用ガスタービン発電機建屋は、埋設された地下部を有していることから考慮し、伊方3号機原子炉補助建屋は、埋設されていないことから非考慮。

③：非常用ガスタービン発電機建屋は、東側斜面等の影響を踏まえ、補足説明資料3-6「入力地震動算定及び地盤ばね設定の妥当性」において、入力地震動および地盤ばねの妥当性を別途確認。

④：RC減衰について、非常用ガスタービン発電機建屋は、耐震性向上の観点からRC減衰を3%とした場合も考慮。

伊方3号機原子炉補助建屋は、伊方3号機の工事計画認可申請（平成28年3月23日付け原規規発第1603231号認可）において、RC減衰を5%とする事の妥当性を確認。

⑤：Fc実強度について、非常用ガスタービン発電機建屋及び伊方3号機原子炉補助建屋は、剛性の増分に対し耐力の増分が大きいことから保守的に考慮しないこととしており、伊方3号機の工事計画認可申請（平成28年3月23日付け原規規発第1603231号認可）において影響がないことを確認。