

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 | GTG-060 (改2) |
| 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
(発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書)
(非常用ガスタービン発電機)

令和元年12月
四国電力株式会社

1. 添付書類に係る補足説明資料

「溢水防護に関する施設」に係る添付資料(共通資料は除く)の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

| 工認添付資料 | 補足説明資料 |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 資料6 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書 | 1. |
| | 1-1 機能喪失高さについて |
| | 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 |
| | 2. |
| | 2-1 想定破損に係る低エネルギー配管の応力評価 |
| | 2-2 屋外タンクからの溢水影響評価について |
| | 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 |
| | 2-4 貯水槽の溢水について |
| | 3. |
| | 3-1 溢水防護区画毎における機能喪失高さ |

添付資料 6 に係る補足説明資料

【説明する添付資料】

資料6 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書

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） |

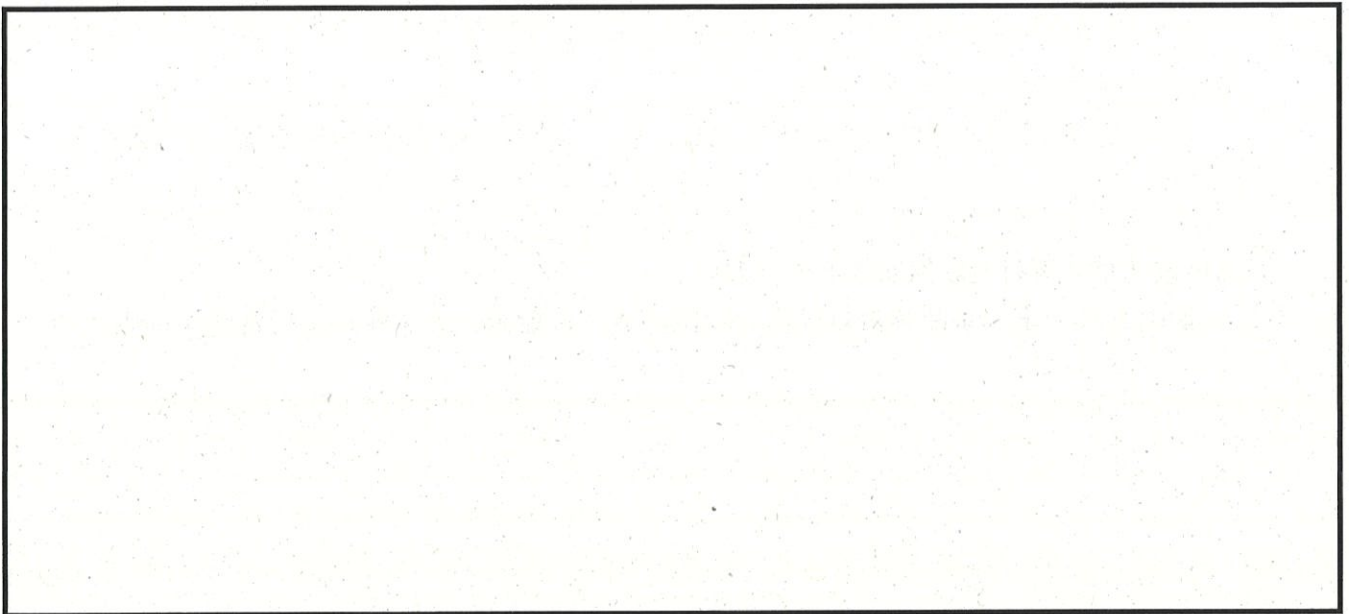


図1-1 ガスタービン発電機における機能喪失高さ

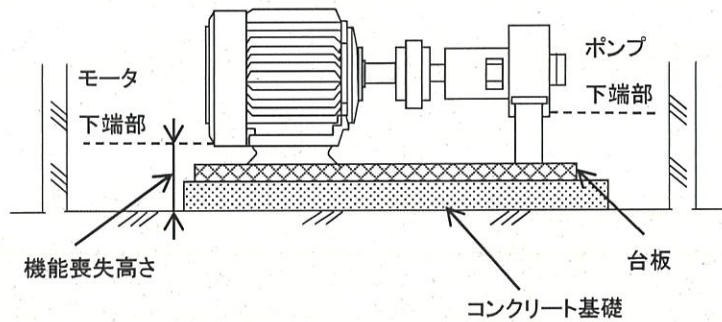


図1-2 ポンプにおける機能喪失高さ

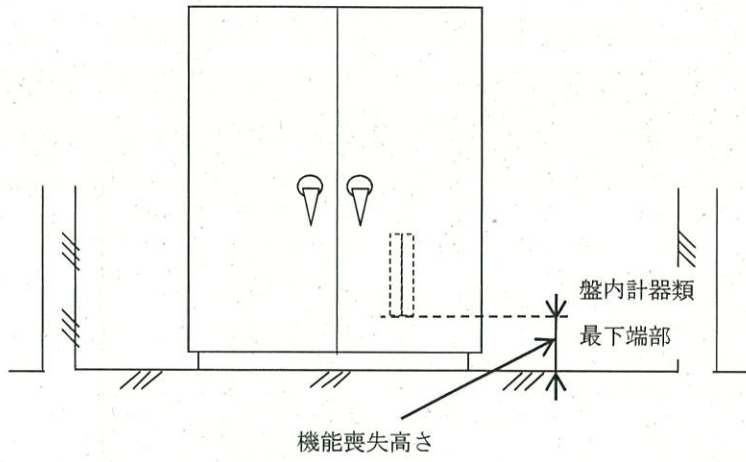


図1-3 盤における機能喪失高さ

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。

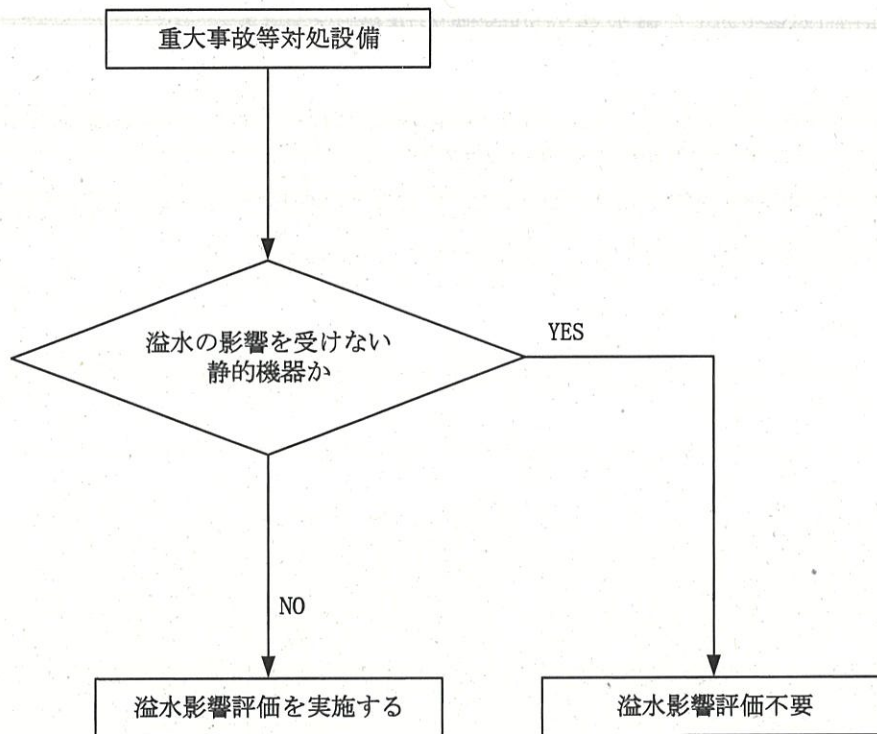


図1 重大事故等対処設備の溢水評価の考え方

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。

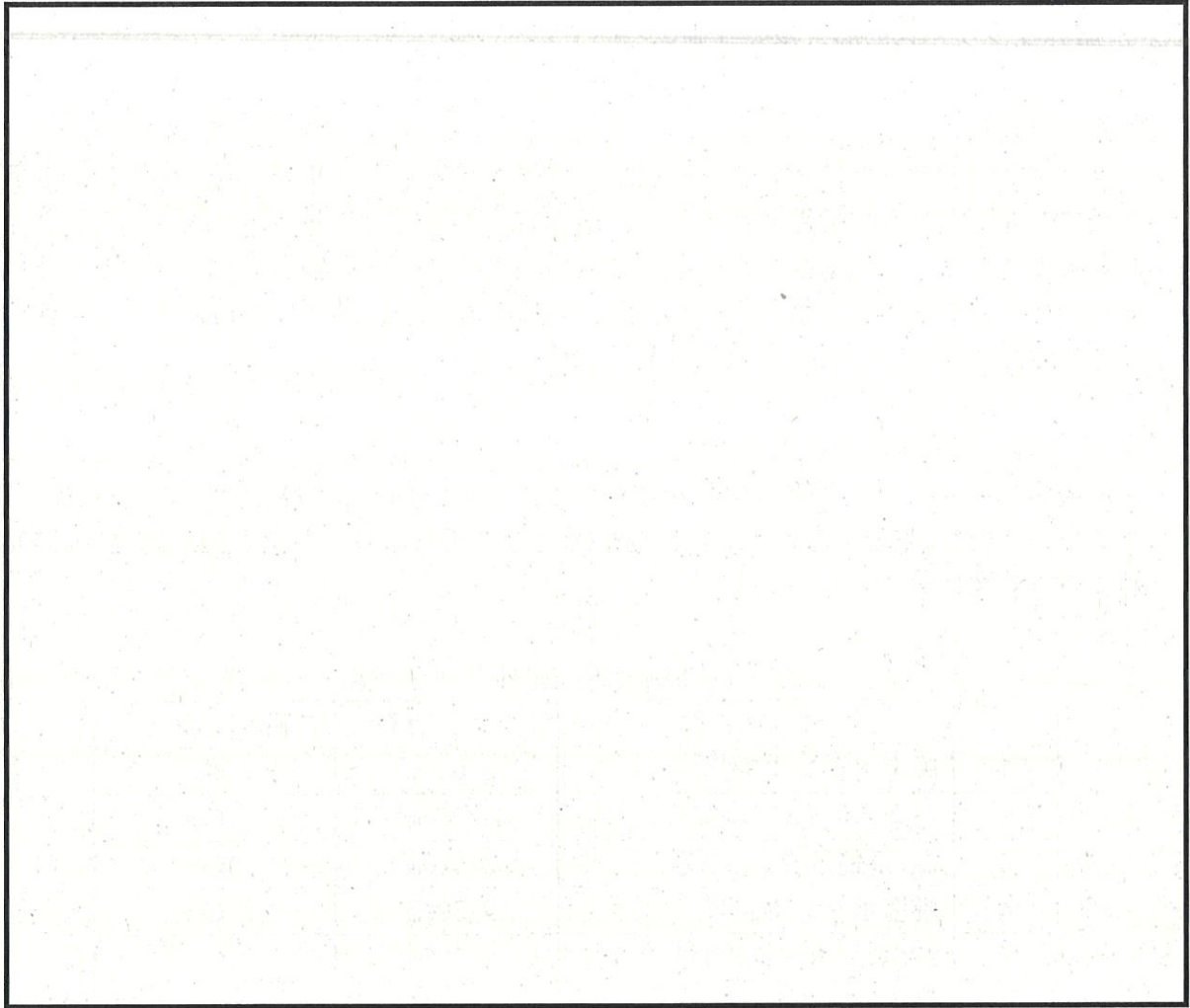


図1 溢水源となり得る屋外タンクと溢水防護区画の配置

(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）

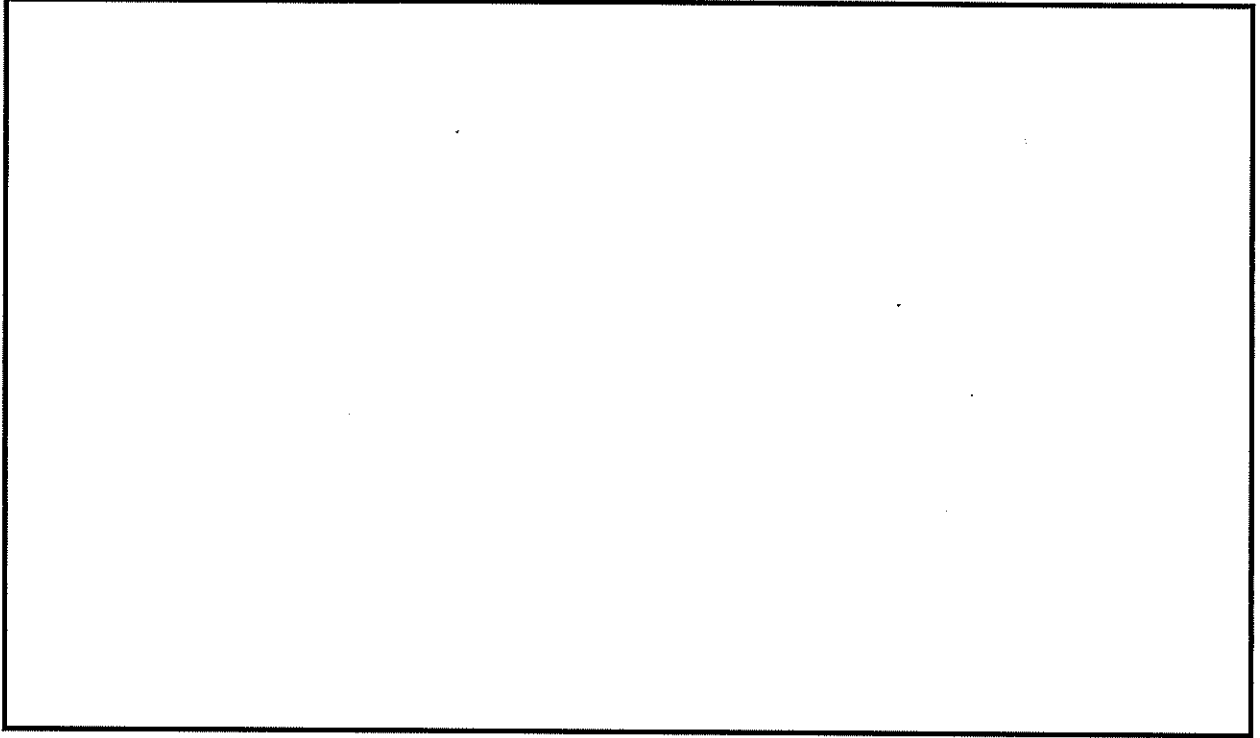
弁グランド等からのリーク及びその他の漏えい事象については、漏えい量は比較的少なく、発生時には拡大防止に必要な措置を講じる運転管理により早期の隔離等の対処が可能である。

d. 人的過誤

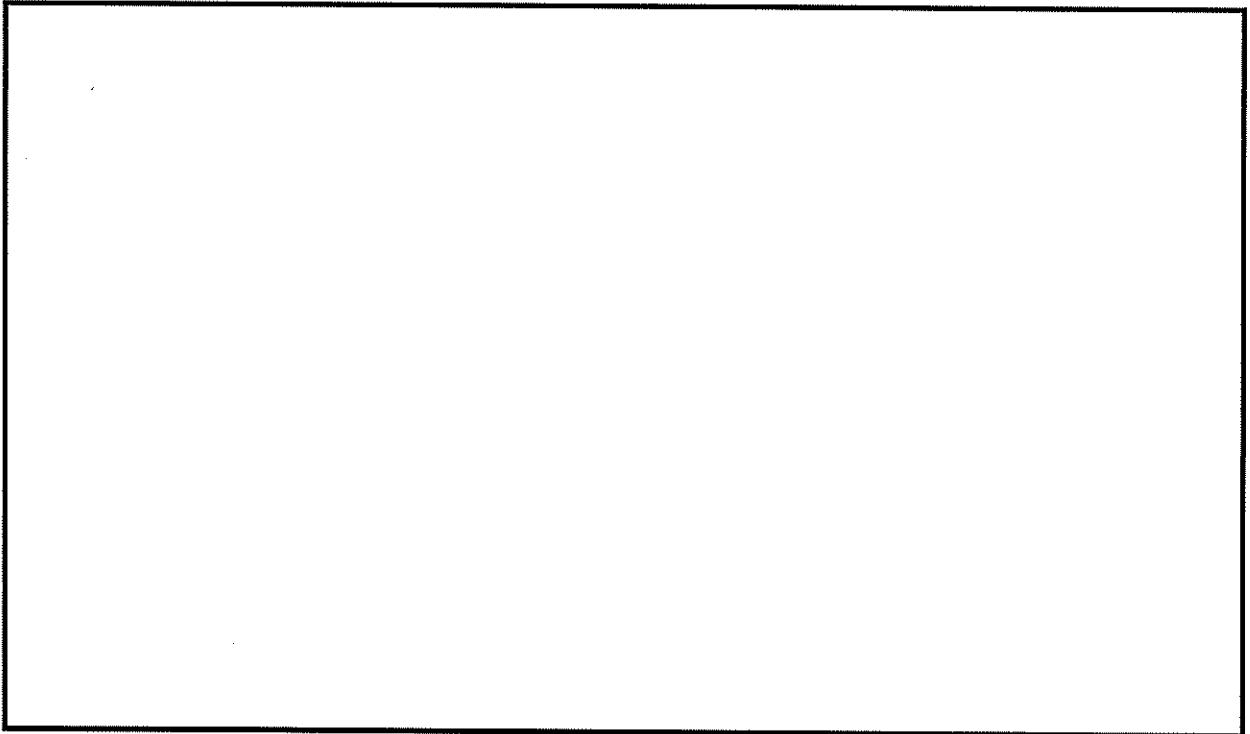
事象によっては大量の漏えいが発生する可能性があるが、過去のトラブル事例から、基本的にはプラントが停止している定期検査時に発生しているものであり、人的要因であることから、発生時には早期に隔離等の対処が可能である。

(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 |

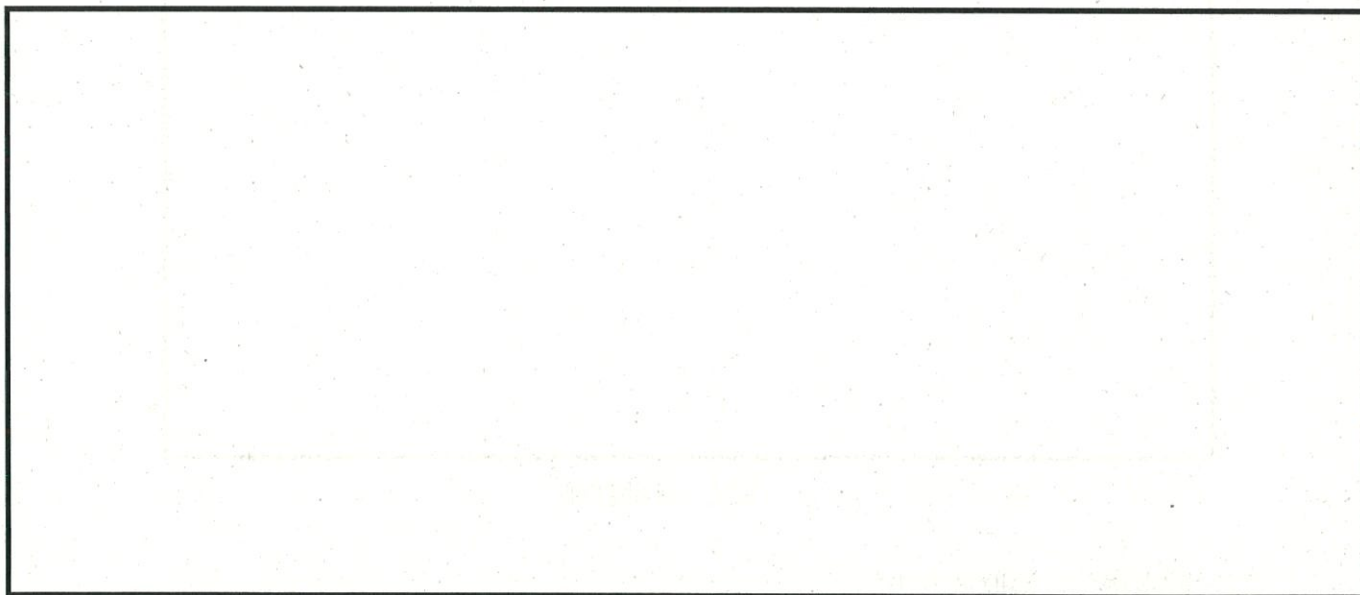


図1 貯水槽構造図

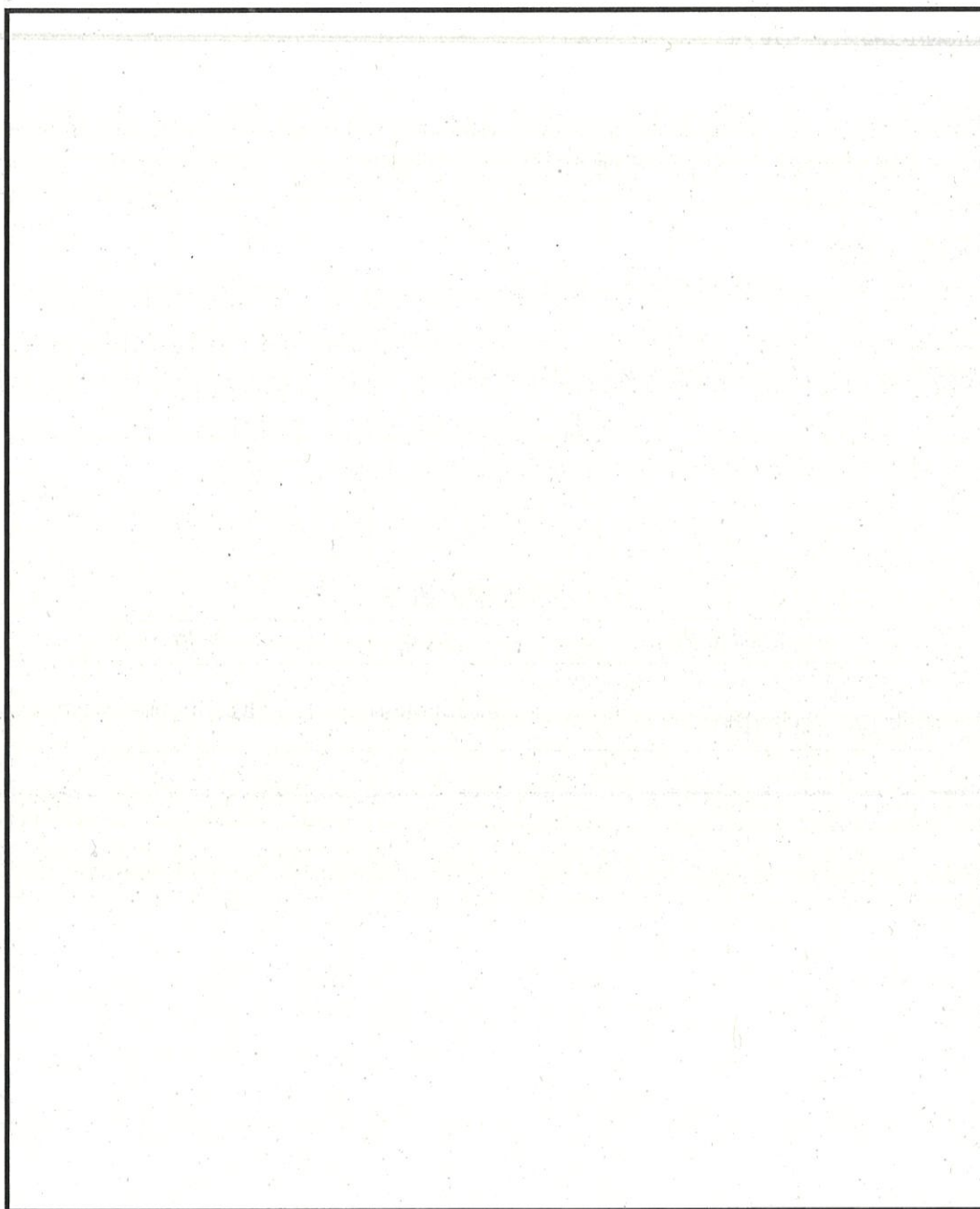


図2 a 部詳細

(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。

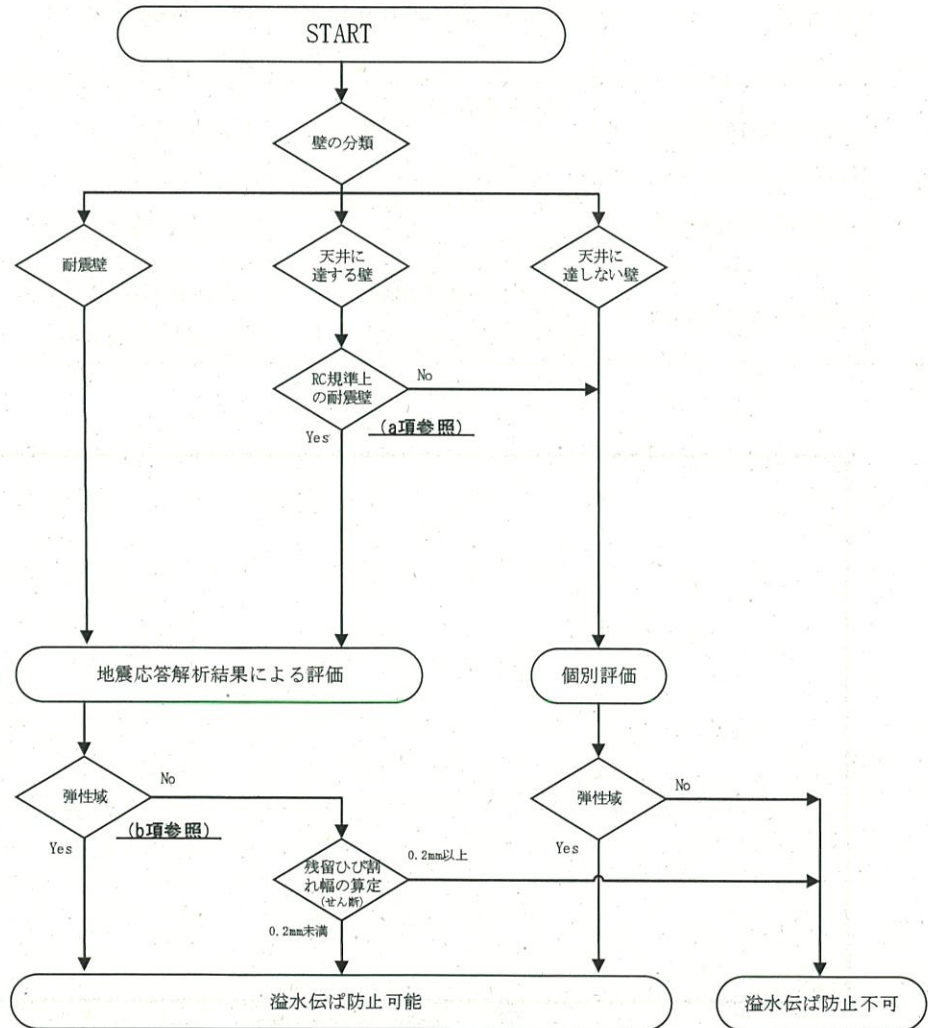


図3 耐震壁等の確認フロー

(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 |

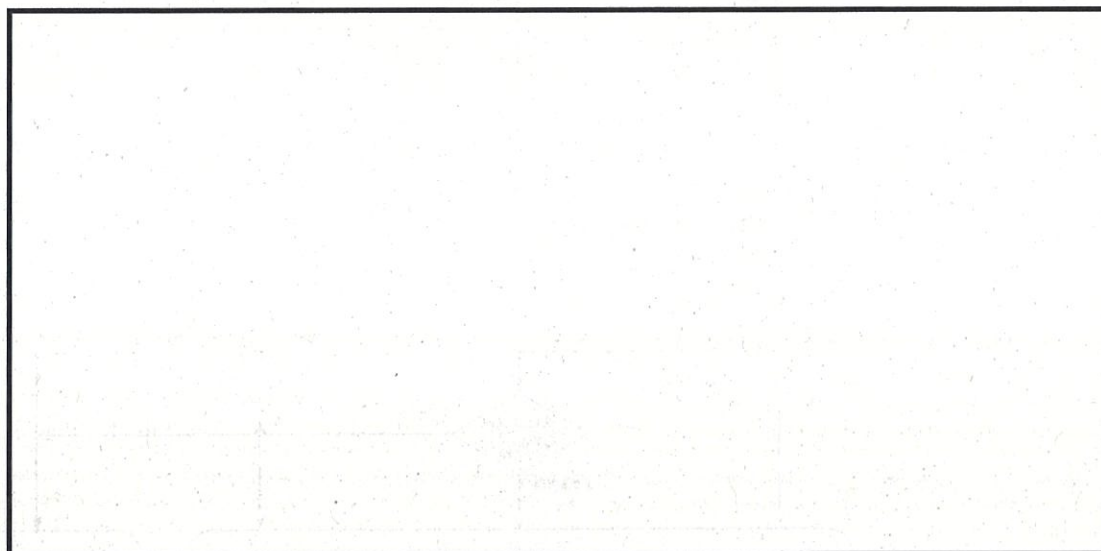


図4 耐震壁等の配置図 (EL24.6m)

(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。

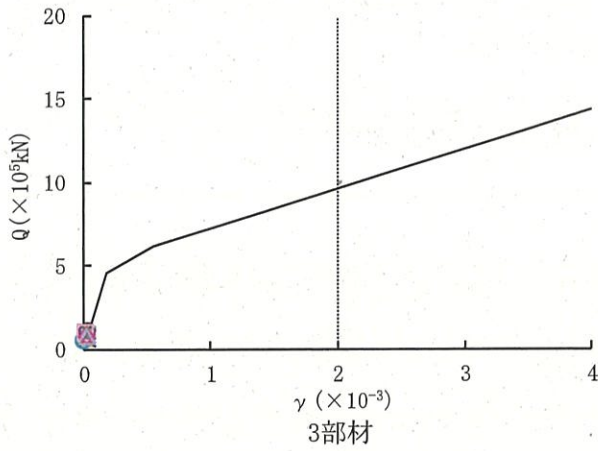
図5に示す地震応答解析結果より、貯水槽を構成する鉄筋コンクリート壁のせん断変形（ $Q-\gamma$ 関係）は、第一折点に納まっている。

（注2）「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991追補版」

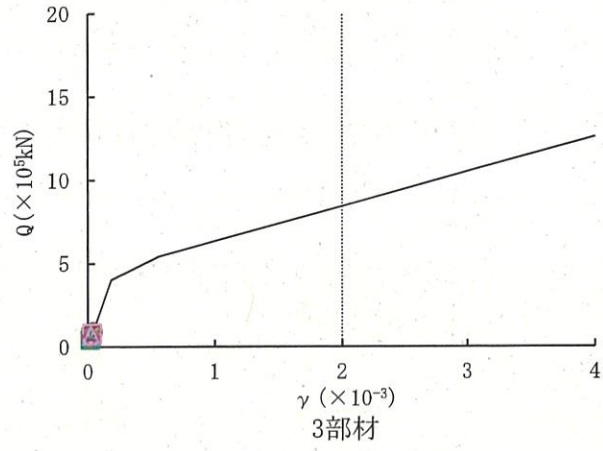
(c) まとめ

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。

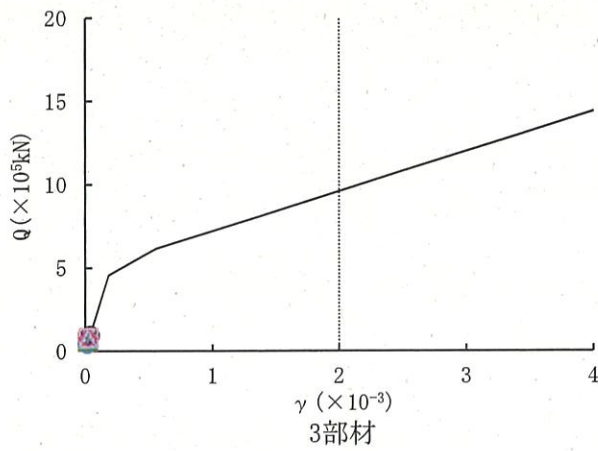
| | | | | | | |
|------------|-------------|---------------|---------------|--------------|---|----------|
| ○ : Ss-1 | □ : Ss-2-1 | ◇ : Ss-2-2 | △ : Ss-2-3 | × : Ss-2-4 | + | Ss-2-5 |
| ○ : Ss-2-6 | □ : Ss-2-7 | ◇ : Ss-2-8 | △ : Ss-3-1 | × : Ss-3-2EW | + | Ss-3-2NS |
| ○ : Ss-1' | □ : Ss-3-1' | ◇ :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



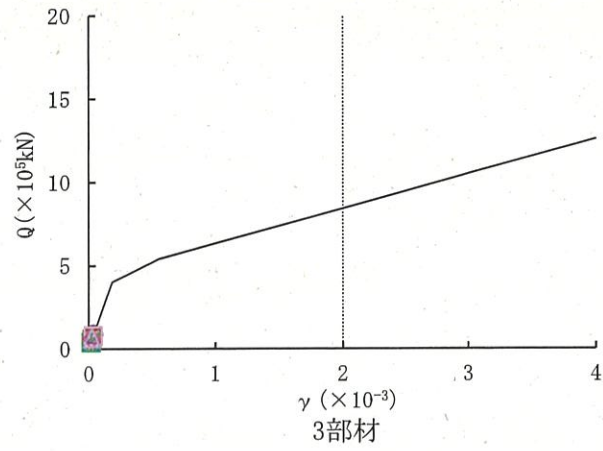
(Ss 基本ケース EW方向)



(Ss 基本ケース NS方向)



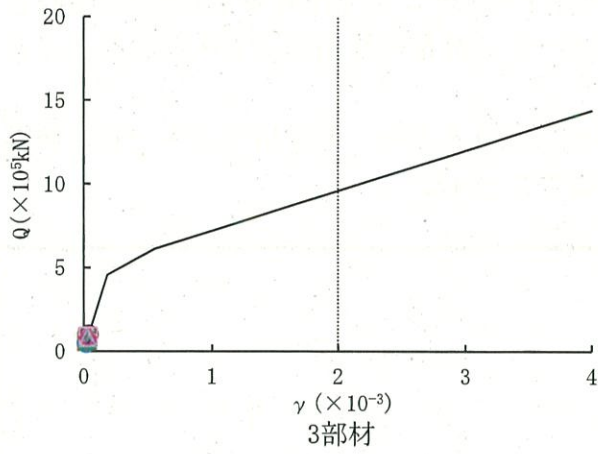
(Ss $V_{s+1}\sigma$ ケース EW方向)



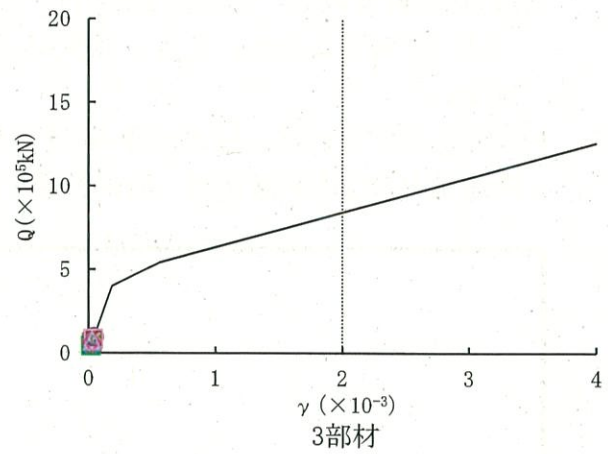
(Ss $V_{s+1}\sigma$ ケース NS方向)

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】

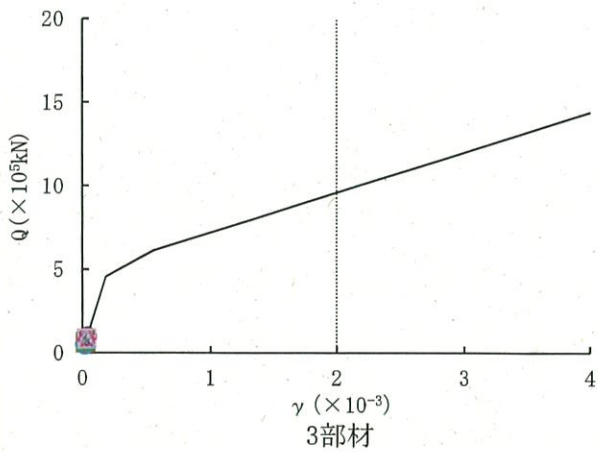
| | | | | | |
|------------|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| ○ : Ss-1 | □ : Ss-2-1 | ◇ : Ss-2-2 | △ : Ss-2-3 | × : Ss-2-4 | + : Ss-2-5 |
| ○ : Ss-2-6 | □ : Ss-2-7 | ◇ : Ss-2-8 | △ : Ss-3-1 | × : Ss-3-2EW | + : Ss-3-2NS |
| ○ : Ss-1' | □ : Ss-3-1' | ◇ : Ss-3-2EW'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



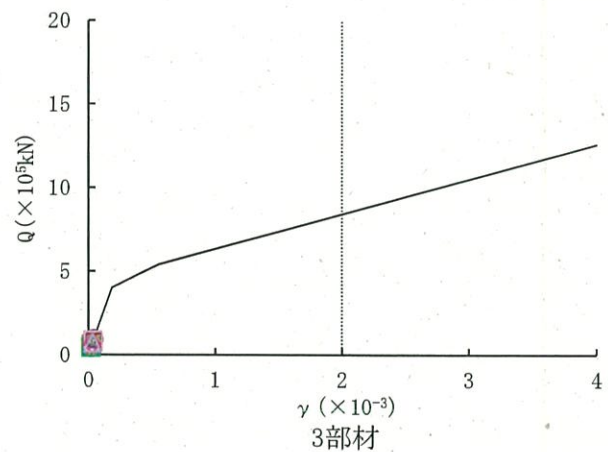
(Ss Vs-1 σ ケース EW方向)



(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。

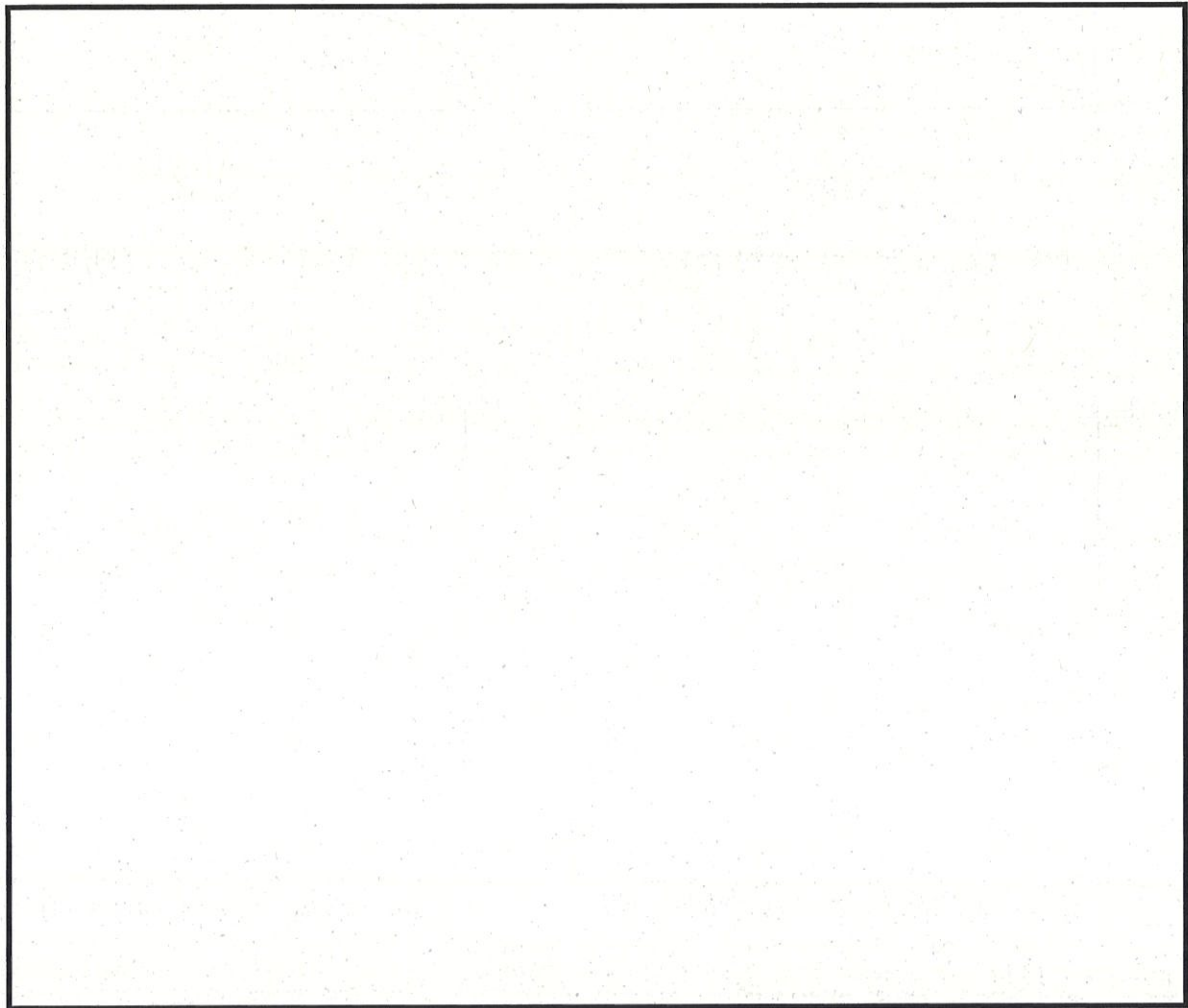


図6 非常用ガスタービン発電機建屋と溢水防護区画の配置

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 |