<u>能登半島地震を踏まえた</u> 志賀原子力発電所の耐震安全性確認に係る報告について

平成19年8月20日 北陸電力株式会社

平成19年3月25日の能登半島地震を踏まえ、これまで、志賀原子力発電所の耐震安 全性確認を行ってまいりました。

4月19日には、各施設の保安確認結果及び地震観測記録に基づく原子炉建屋・同建屋 内の安全上重要な機器・配管に関する健全性確認結果を、また、6月1日には、タービン 建屋内などの安全上重要な機器・配管の健全性確認結果、さらには長周期側で能登半島地 震を上回る地震動に対する長周期側の主要施設(原子炉補機冷却水系配管など)の耐震安全 余裕の確認結果を、原子力安全・保安院に報告いたしました。

(平成19年4月19日及び6月1日お知らせ済)

これらの報告書については、4月23日より国の総合資源エネルギー調査会 原子力安 全・保安部会 耐震・構造設計小委員会ワーキンググループにおいて、審議確認がなされ てきました。

今回、上記2回の報告書を耐震・構造設計小委員会ワーキンググループにおける専門家の審議内容も踏まえて修正・再構成し、本日、原子力安全・保安院に報告いたしました。 (報告の概要は別添のとおり)

今回の報告をもって、能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性に関する 一連の確認作業は終了し、能登半島地震を踏まえても志賀原子力発電所の耐震安全性が確 保されていることが確認できたと考えています。

以 上

平成 19 年 8 月 20 日 北陸電力株式会社

「能登半島地震を踏まえた

志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(修正)」の概要

- 1. はじめに
- ・本報告は、「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(報告) 平成19年4月19日」および「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(追加報告) 平成19年6月1日」の報告内容に関する総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会ワーキンググループ(地震・津波WG,地質・地盤WG,構造WG)(以下「ワーキンググループ」という。)での審議等を踏まえ、上記報告書を一部修正の上、ワーキンググループにおける補足説明資料と共に再構成したものである。
- 2. 既報告内容
- 2.1 施設の保安確認状況
- ・志賀原子力発電所では、地震発生直後から現場の保安確認として、施設の巡視・点検を行い、使用済燃料貯蔵プールからの水飛散、変圧器放圧装置動作、水銀灯の落下等が確認されたが、安全上問題となるものはなかった。
- ・志賀原子力発電所1,2号機は、保安規定に基づき、停止状態での機能要求がある非常用 炉心冷却系ポンプ等の作動試験や原子炉棟の気密性能試験等の安全確保上重要な設備 の機能試験を実施したところ、異常はなかった。引き続き、1,2号機の定期検査にあわ せ、機能要求のある設備・系統の作動試験・機能試験を実施していく。
- 2.2 主要施設の耐震健全性確認
- 基準地震動を設定している解放基盤表面での能登半島地震の地震動(以下「はぎとり波」という。)を算定したところ、はぎとり波の応答スペクトルは長周期側の一部の周期帯において基準地震動S₂を上回る部分があったが、志賀原子力発電所では安全上重要な施設のほとんどは剛構造としているため、これらの固有周期は短周期側に集中している。また、この地震動による応答スペクトルが基準地震動S₂を上回る周期帯には、安全上重要な施設がないことを確認した。
- ・また, 1,2 号機原子炉建屋で観測された地震記録に基づいて, 原子炉建屋および同建屋 内の安全上重要な機器・配管(A, Asクラス)が能登半島地震に対し耐震健全性が確保 されていることを確認した。
- ・さらに、はぎとり波を基に、1,2 号機タービン建屋内および海水熱交換器建屋内の安全 上重要な機器・配管(A, Asクラス)や排気筒についても、能登半島地震に対し耐震健 全性が確保されていることを確認した。
- 2.3 固有周期が長周期である主要施設の耐震安全余裕の確認
- ・能登半島地震では、長周期側の一部の周期帯で基準地震動S₂を上回ったことから、念のため、長周期側で今回の地震動を上回る地震動(以下「検討に用いた地震動」という。)

を想定し,長周期側に固有周期をもつ主要施設である1,2号機タービン建屋基礎版上の 原子炉補機冷却水系配管および排気筒について,耐震安全余裕を有していることを確認 した。

2.4 まとめ

- ・以上のことから, 能登半島地震を踏まえても志賀原子力発電所の耐震安全性は確保され ていることを確認した。
- ・なお、現在、「新耐震指針に照らした耐震安全性評価」を鋭意進めているが、能登半島 地震の発生により、基準地震動Ssの策定に係る新たな知見の調査・検討を積極的に行 い、耐震安全性評価に反映していく。
- 3. 今回修正·追加内容
- ワーキンググループにおける審議等を反映し、地震応答解析に用いたモデル図の追加、
 単位系の統一および表現の適正化等を行うとともに、解析内容の詳細に関する補足説明
 資料を添付した。
- ワーキンググループにおけるコメントを受けて、
 - 原子炉建屋内での観測記録から機器・配管の耐震健全性の確認に加え、基礎版上での観測記録を基に地震応答解析から求めた原子炉建屋の応答結果に対しても、機器・配管の耐震健全性を確認(表-1)
 - ▶ また、長周期側に固有周期をもつ主要施設の検討に用いた地震動(図-1)が基準 地震動S₂を上回る周期帯(0.17秒を超える周期帯)に固有周期をもつ原子炉建屋 および同建屋内の安全上重要な機器・配管についても、念のため、この地震動に対 して耐震安全余裕を有していることを確認(図-2,表-2)

以上の追加検討を実施し、補足説明資料として添付した。

以上

表-1 安全上重要な機器・配管の耐震健全性確認結果

(1号機原子炉建屋の例)

| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期(s) | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(Ⅲ _A S) (N/mm ²) | 判定 |
|-----|---------------------------|----------|----------|------------------|---------------|------------------------------|--|----|
| 観測波 | 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.183 | 59 (6.0) | 219 (22.4) | 0 |
| 解析波 | 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.183 | 58 (5.9) | 219 (22.4) | 0 |

(注) 確認において、MKS単位(kg/mm²)で計算を実施したものは、括弧内にMKS単位(kg/mm²)の値を記載し、
 SI単位と併記している。

(2号機原子炉建屋の例)

| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(Ⅲ _A S) (N/mm ²) | 判定 |
|-----|-----------------------|----------|----------|------------------|----------------|------------------------------|--|----|
| 観測波 | 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.174 | 70 | 209 | 0 |
| 解析波 | 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.174 | 80 | 209 | 0 |







図-1 検討に用いた地震動の加速度応答スペクトルおよび加速度波形



図-2 検討に用いた地震動に対する原子炉建屋の耐震安全余裕の確認結果 (せん断スケルトン曲線上の最大応答値)

表-2 検討に用いた地震動に対する安全上重要な 機器・配管の耐震安全余裕の確認結果

(1号機原子炉建屋の例)

| 耐震 | 確認対象 | 確認対象 | | 確認対象 評価 | | 応力 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | Ē Ū |
|-----|------------------------|------------------|----|----------|---------------|---------------|------|------------------------|--------|
| クラス | 機器·配管名称 | 一次固有周期 部位 (s) | 部位 | 分類 | (N/mm^2) | (N/mm^2) | 刊疋 | | |
| As | 残留熱除去系配管 (RHR-R-10) | 0.188 | 配管 | 一次 応力 | 139 (14.1) | 362 (37.0) | 0 | | |

 (注) 確認において、MKS単位(kg/mm²)で計算を実施したものは、括弧内にMKS単位(kg/mm²)の値を記載し、 SI単位と併記している。

(2号機原子炉建屋の例)

| 耐震 | 確認対象 | | 評価 | 応力 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 利中 |
|-----|-----------------------|---------------------|----|----------|------------|------------------------|----|
| クラス | 機器·配管名称 | 名称 一次固有周期 (s) | | 分類 | (N/mm^2) | (N/mm^2) | 刊正 |
| As | 残留熱除去系配管 (RHR-R-4) | 0.194 | 配管 | 一次 応力 | 169 | 363 | 0 |

能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の

耐震安全性確認について(修正)

平成 19 年 8 月 20 日

北陸電力株式会社

| 目 | 次 |
|---|---|
| | |

| 2 |
|---|
| |
| 3 |
| 3 |
| 7 |
| 7 |
| _ |
| 7 |
| 7 12 |
| 7 12 12 |
| 7 12 12 19 |
| 7 12 12 19 34 |
| 7 12 12 19 34 |
| 7 12 12 19 34 39 |
| 7 12 19 34 39 39 |
| 7 12 19 34 39 39 42 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 55 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 58 62 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 55 58 62 66 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 58 62 66 66 66 |
| 7 12 19 34 39 39 42 50 55 55 58 62 66 66 66 66 |
| |

[添付資料]

- 1 「志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール水の飛散状況」
- 2 「変圧器放圧装置の取替状況」
- 3 「志賀2号機 原子炉建屋での水銀灯の落下について」
- 4 「志賀2号機 低圧タービンの点検結果について」
- 5 「工学的安全施設等の作動試験について」
- 6 「安全確保上重要な設備の機能試験について」
- 7 「原子炉安全上の点検・評価」

[別紙]

- 1 「志賀原子力発電所 敷地地盤における地震観測記録について」
- 2 「志賀原子力発電所 1,2 号機 地震観測記録を用いた原子炉建屋の地震応答 解析について」
- 3 「志賀原子力発電所 1,2 号機 機器・配管の耐震安全性確認結果について」

[ワーキンググループでの指摘事項に対する補足説明]

- 「耐震安全性確認における原子炉建屋応答解析手法の考え方」
 「機器・配管の減衰の考え方」
- 2 「志賀原子力発電所1号機 原子炉建屋の最大応答せん断力について」
- 3 「観測波と周波数応答解析による機器・配管の応答について」
- 4 「原子炉建屋および同建屋内機器・配管の耐震安全余裕の確認結果について」 「海水熱交換器建屋のせん断力係数(Ci)の算定について」

1. はじめに

平成19年3月25日に能登半島地震が発生し、志賀町で震度6弱を記録し ました。志賀原子力発電所1,2号機は、ともに点検等のため停止中でした。

地震発生後,直ちに保安規定に基づいて,各施設の巡視・点検を実施する とともに,原子炉施設の作動試験等を順次実施してきました。

また,志賀原子力発電所敷地地盤における地震観測記録の分析,並びに安 全上重要な設備が多く配置されている原子炉建屋および同建屋内に設置され た安全上重要な機器・配管を対象に,原子炉建屋内での観測記録を基に耐震 健全性の確認を実施しました。

さらに、1,2号機タービン建屋内および海水熱交換器建屋内の安全上重要な 機器・配管,並びに排気筒についても、敷地地盤における地震観測記録から解 析的に求めた解放基盤表面での地震動を基に耐震健全性の確認を実施しまし た。

加えて、今回の地震では長周期側の一部の周期帯で基準地震動S₂を上回ったことから、念のため長周期側で今回の地震動を上回る地震動を想定し、長周期側に固有周期を持つ主要施設である原子炉補機冷却水系配管および排気筒について、耐震安全余裕を有していることを確認いたしましたので、その結果もあわせて以下に報告いたします。

なお、本報告は、上記確認内容をとりまとめた「能登半島地震を踏まえた 志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(報告) 平成19年4月19日」 および「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認につい て(追加報告) 平成19年6月1日」を、総合資源エネルギー調査会 原子力 安全・保安部会 耐震・構造設計小委員会ワーキンググループ(地震・津波W G、地質・地盤WG、構造WG)での審議等を踏まえ、誤記を含め一部修正 の上、再構成したものです。

1

2. 地震の概要

平成19年3月25日に発生した能登半島地震の概要は以下のとおり。

- 発生日時:平成19年3月25日9時42分頃
- 震央地名:能登半島沖
- ・ 地震諸元(気象庁暫定値)
 規 模:マグニチュード6.9
 震央位置:北緯37度13.2分 東経136度41.1分
 震源深さ:11km
- ・志賀原子力発電所との距離 震央距離約18km,震源距離約21km
- 各地の震度:震度6強(石川県輪島市,七尾市,鳳珠郡穴水町等) 震度6弱(石川県羽咋郡志賀町,鹿島郡中能登町等) 震度5強(石川県珠洲市等)

震度5弱(石川県羽咋市,羽咋郡宝達志水町等)

・ 近隣の検潮所での観測津波水位:珠洲市長橋22cm, 金沢18cm



図 2.1 震源位置図

3. 施設の保安確認状況

地震発生により、1号機は、地震加速度を検出する計器が正常に動作し、原 子炉自動停止信号が発信されたが、原子炉が停止中で全制御棒は全挿入状態 を維持していた。

また,2号機は,燃料が装荷されているセルの全制御棒を全挿入し,かつ制 御棒駆動機構電源を切って地震による原子炉自動停止回路を点検作業中であ ったため原子炉自動停止信号は発信されなかったが,地震加速度を検出する 計器は正常に動作した。

発電所では,地震発生直後から「志賀原子力発電所 原子炉施設保安規定」 に基づく社内要領に従って現場の保安確認を実施している。

社内要領の概要を表3.1に示す。

施設の巡視・点検については、安全上問題となるものは確認されていない。

また,地震発生時,1,2号機とも停止状態であったことから,停止状態で機 能要求のある設備・系統の作動試験等を実施したところ,異常はなかった。 引き続き1,2号機の定期検査にあわせて,機能要求のある設備・系統の作動試 験・機能試験を実施していく。

3.1 保安確認の実施状況

(1) 中央制御室の警報等監視

中央制御室における警報の発生状況・パラメータの状況について確認を実施したところ,異常はなかった。(3月25日実施)

(2)発電所施設の巡視・点検

地震発生直後において原子炉建屋施設,タービン建屋施設,屋外施設等に ついて巡視・点検を実施したところ,安全上問題となるものは確認されなか った。主な点検・対応状況は次のとおりである。

a. 志賀1号機 使用済燃料貯蔵プールからの水飛散

1号機原子炉建屋4階において,使用済燃料貯蔵プール周辺に水が飛散 した。飛散した量は,約45リットル,放射能量は約750万ベクレルであ った。そのうち,養生シート外には約8リットル,放射能量は約130万 ベクレルであった。飛散した水については速やかに拭き取った。外部へ の放射能の影響はなかった。 (添付資料-1) b. 志賀 1,2 号機の変圧器放圧装置動作

地震の揺れにより変圧器内の絶縁油の油面が変動したため,放圧装置 が動作した。放圧装置は新品と取り替えた。 (添付資料-2)

c. 志賀 1,2 号機水銀灯の落下

1号機タービン建屋運転階の水銀灯が7個,また2号機原子炉建屋運転 階の水銀灯が2個落下した。

1号機で落下した水銀灯の破片は全て運転階床上に飛散しており,4月 5日までに回収した。

また,2 号機で落下した水銀灯の破片については,約 97%を運転階床 上から回収したが,残りの破片については使用済燃料貯蔵プール等へ落 下した可能性があったため,これらの箇所での点検・清掃を行った。

点検・清掃の結果,全体で 99.6% (全体 983.6g のうち 979.4g)の破 片を回収した。残りの破片 0.4% (4.2g) については,原子炉冷却材浄化 系により除去されている可能性もあるが,念のため原子炉内に残留して いると仮定して燃料への影響評価等を行い,健全性に問題ないことを確 認した。 (添付資料-3)

d. 志賀2号機低圧タービン組み立て中のタービンロータの位置ずれ

組み立て中の低圧タービンロータを仮止めしていた治具が変形し、わ ずかな位置ずれが生じた。

低圧タービンを開放し点検を実施したところ,動翼に微小な接触痕が 複数確認されたことから,低圧タービンについて動翼を取り外して非破 壊検査を実施した。

低圧タービンA及びBについては8~11段の動翼を全数取り外して 非破壊検査を実施し,異常がないことを確認した。

低圧タービンCについては、低圧タービンA、Bに比べ接触の度合い が格段に軽微であったが、念のため一番応力が大きかったと考えられる 8~10段の止翼まわり(各段8枚)を取り外して非破壊検査を実施し、 異常がないことを確認した。 (添付資料-4)

e. 建屋内コンクリート等の剥がれ

2号機タービン建屋で運転床底面コンクリートの一部に剥がれが,また 1号機原子炉建屋やタービン建屋の壁配管貫通部の穴仕舞モルタルの一 部に剥がれが確認された。

2 号機タービン建屋床底面コンクリートの剥がれについて詳細点検を 実施したところ,表面の一部が剥離した程度であり,建屋の強度上問題 がないことを確認した。また,1号機配管穴仕舞モルタルが剥がれた箇所 について詳細点検を実施したところ,モルタルの表面が剥離した程度で あり配管には問題がないことを確認した。

これら剥がれについては、モルタルにより補修を行った。

- f. 志賀2号機気水分離器仮置き用の脚の曲がり
 - 2号機蒸気乾燥器・気水分離器プール内で気水分離器の仮置き用の脚4 本に曲がりが確認された。

曲がりのあった脚は切断し、代わりに専用の仮置き台を設置した。 当該脚は定期点検時に仮置きのみに用いるものであり、気水分離器の 機能上問題はない。

- g. 志賀2号機主発電機第10軸受シールケースの油切りの変形 地震発生時に発電機が低圧タービンと接続されていなかったことから,
 - 2号機主発電機軸受の分解点検を実施したところ、第10軸受のシールケ
 - ースの油切りが変形していることが確認された。 変形した油切りは新品に取り替えた。
- (3) 放射線管理上の点検・評価

放射線モニタ等の確認,管理区域内の線量当量率,表面汚染密度等の測定・評価を実施したところ,異常はなかった。(3月25日実施)

- (4) 工学的安全施設等の作動試験
 - 非常用炉心冷却系のポンプ手動起動試験・電動弁手動全開全閉試験等を 実施し、健全性を確認したところ、これまでの作動試験において異常はな かった。 (添付資料-5)
- (5)安全確保上重要な設備の機能試験

原子炉棟の気密性能試験,所内蓄電池の点検等を実施し,健全性を確認 したところ,これまでの機能試験において異常はなかった。

(添付資料-6)

(6)原子炉安全上の点検・評価

プロセスモニタ,エリアモニタ,原子炉水位等に有意な変動がないこと, 原子炉が未臨界状態であることを確認した。 (添付資料-7)

| 表3.1 | 地震後の保安確認要領の概要 | ļ |
|------|---------------|---|
| | | |

| 詹 | €度階級 ※1 | 3 Ļ | 以下 | 4 | 1 | 5 弱 | 5 強 | 6 弱 | 6 強 | 7 | | |
|--------|--|-----|----|---|---|------------|-----|-----|-----|---|---|---|
| /1 | (1)中央制御室の警報等監視 | C |) | C | C | 0 | | 0 | | 0 | | |
| 保 安 | (2)発電所設備の巡視・点検 | 不 | 要 | C |) | 0 | | 0 | | (|) | 0 |
| 確 認 | (3) 放射線管理上の点検・評価 | 不 | 要 | 不 | 要 | 0 | | 0 | | 0 | | |
| 措置 | (4) 工学的安全施設等の作動試験 | 不 | 要 | 不 | 要 | 0 | | (|) | 0 | | |
| 項日 | (5)安全確保上重要な設備の機能試験 | 不 | 要 | 不 | 要 | 〇 ※2 不要 | | 0 | | | | |
| П | (6)原子炉安全上の点検・評価 | 不 | 要 | 不 | 要 | 〇 ※2 不要 | | | 0 | | | |

(注) ○:実施するものを示す。

※1:原則として,気象庁発表の羽咋又は志賀における震度を基準とする。 ただし,発電所の速報用計測震度計による震度も参考とする。

※2:地震により原子炉がスクラムした場合に実施。

4. 岩盤における観測記録に基づく耐震安全性確認について

4.1 岩盤における観測記録

志賀原子力発電所では,図4.1.1 に示す位置で敷地地盤における地震観 測を行っている。平成19年3月25日に発生した能登半島地震について, 岩盤中である EL-10m (GL-31m, Vs=1,500m/s 相当)で得られた観測記録の 加速度波形および加速度応答スペクトルを図4.1.2に示す。

また, EL-10mから上部の地盤の影響を取り除いて解析的に求めた解放基 盤表面での地震動(以下「はぎとり波」という。)の加速度波形および加速 度応答スペクトルを図 4.1.3 に示す。なお,はぎとり解析に用いた地盤モ デルは,今回の地震観測記録を用いて最適化したものを用いている。

4.2 観測記録に基づく耐震安全性確認

志賀原子力発電所における安全上重要な建物・構築物,機器・配管は原 則として剛構造として設計しているため,表4.2.1 および表4.2.2 に示す とおり,これらの固有周期は短周期側に集中している。

図 4.1.3 に示すはぎとり波の応答スペクトルは,0.36 秒から 0.39 秒,お よび 0.49 秒から 1 号機では 0.80 秒,2 号機においては 0.76 秒までの周期 帯において基準地震動 S₂を超えている。

しかしながら、志賀原子力発電所では安全上重要な施設のほとんどは剛 構造としているため、これらの固有周期は短周期側に集中している。また、 この地震動による応答スペクトルが基準地震動S₂を上回る周期帯には、安 全上重要な施設がないことを確認した。

また,はぎとり波の応答スペクトルは1号機で0.18秒から0.25秒,および0.32秒から長周期側で,2号機では0.18秒から0.25秒,および0.32秒から0.87秒の周期帯で基準地震動S₁を超えているものの,安全上重要な施設に影響を与える可能性のある短周期帯では,超えている割合はわずかであり,基準地震動を用いて詳細設計をする段階で余裕をもって設計していることから,耐震安全性が確保されているものと考えられる。

なお,後述のとおり念のため実施した建屋および機器・配管の耐震健全 性確認の結果,安全上重要な建屋,機器・配管は基準地震動S₁に対して定 められた許容値に十分収まっており,耐震健全性が確保されていることを 確認した。



図 4.1.1 敷地地盤の地震観測用強震計位置図





図 4.1.2 岩盤中 (EL-10m) の観測記録 9



EL-10m はぎとり波の加速度波形 NS方向 MAX=292Gal



EL-10m はぎとり波の加速度波形 EW方向 MAX=292Gal



EL-10m はぎとり波の加速度応答スペクトル

図 4.1.3 解放基盤表面の地震動(はぎとり波)

表 4.2.1 志賀1号機の主な安全上重要な施設の固有周期

| 名称 | 1次固有周期(秒) |
|------------------|---------------|
| 原子炉建屋 | 0.201 , 0.203 |
| 原子炉圧力容器 | 0.086 |
| 燃料集合体 | 0.198 , 0.199 |
| 主蒸気管 | 0.153 |
| 給水管 | 0.064 |
| 残留熱除去(RHR)ポンプ | 0.033 |
| 残留熱除去系(RHR)配管 | 0.136 |
| 原子炉補機冷却水系(RCW)配管 | 0.344 |

表 4.2.2 志賀 2 号機の主な安全上重要な施設の固有周期

| 名称 | 1次固有周期(秒) |
|------------------|---------------|
| 原子炉建屋 | 0.210 , 0.212 |
| 原子炉圧力容器 | 0.074 |
| 燃料集合体 | 0.206 |
| 主蒸気管 | 0.117 |
| 給水管 | 0.119 |
| 残留熱除去(RHR)ポンプ | 0.029 |
| 残留熱除去系(RHR)配管 | 0. 151 |
| 原子炉補機冷却水系(RCW)配管 | 0.214 |

表 4.2.3 排気筒の固有周期

| 名称 | 1次固有周期(秒) |
|------------|-----------|
| 排気筒(志賀1号機) | 0.933 |
| 排気筒(志賀2号機) | 0.958 |

5. 原子炉建屋および同建屋内機器・配管の耐震健全性確認について

5.1 原子炉建屋における観測記録

志賀原子力発電所では、地盤における地震観測の他、1,2 号機原子炉建 屋には地震観測用強震計(44 ヶ所)、さらに1 号機原子炉建屋については 速報用計測震度計(1 ヶ所)並びにバックアップ用地震計(2 ヶ所)を設置 している。

地震観測用強震計のうち1号機の22ヶ所については、収録装置の不具合 により本震波形記録が欠測したものの、本震の最大加速度記録やバックア ップ用地震計による本震波形記録は保存されていたことから、これらの記 録に2号機の観測記録や敷地地盤での観測記録を合わせて検討を行ってい る。

速報用計測震度計はプラントを代表して1号機原子炉建屋に設置しており、地震直後の震度および最大加速度値を測定し、速やかな公表および点検の際の目安に活用している。本地震発生に際しても速報用計測震度計で 観測された最大加速度値226Gal(NS方向151Gal,EW方向220Gal,U D方向136Gal:3成分の合成値)は、地震直後に速やかに公表している。

速報用計測震度計,原子炉建屋の地震時の基本的な振動特性を把握する ために設置した地震観測用強震計およびバックアップ用地震計の位置を図 5.1.1,図5.1.2に,地震観測用強震計で観測された各階の最大加速度値お よび最大加速度分布を図5.1.3および図5.1.4に示す。なお,図5.1.3お よび図5.1.4には比較のため,設計モデルを用いた基準地震動S₁および基 準地震動S₂地震応答解析により求められた最大加速度分布も併記した。

これによれば観測記録の最大加速度分布は、1,2 号機とも基礎版上のE W方向で、基準地震動S₁による最大加速度を若干上回るものの、それ以外 の全ての箇所で下回る結果となっている。

一方,原子炉建屋の観測記録を代表して基礎版上および2階床位置での 床応答スペクトルを図 5.1.5 および図 5.1.6 に示す。

これによれば、各床の応答スペクトルも長周期側を中心に一部の周期帯で 基準地震動 S_1 , S_2 を超えているものの、全体的には基準地震動 S_1 , S_2 を下回ったものとなっている。

なお、地震観測用強震計のデータ欠測に対する再発防止策として、短時間 に多くの余震記録を連続して収録しないよう、収録装置の起動レベルを上げ る(実施済み)とともに、今後、メモリー容量の大きな収録装置に更新する 予定(実施中)である。また、ニューシア(原子力施設情報公開ライブラリ ー)へ登録して、他の事業者へ水平展開を行っている。



図 5.1.1 基本的な振動特性を把握するために設置した地震計(志賀1号機)



図 5.1.2 基本的な振動特性を把握するために設置した地震計(志賀2号機)



図 5.1.3 最大加速度分布(志賀1号機)



図 5.1.4 最大加速度分布(志賀 2 号機)



図 5.1.5 床応答スペクトルの比較 (S_1 , S_2 応答と観測記録) (志賀 1 号機)

17





図 5.1.6 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録)(志賀 2 号機)

18

5.2 原子炉建屋の耐震健全性の確認結果

志賀原子力発電所1号機原子炉建屋および2号機原子炉建屋について,今回の地震の観測記録を用いて地震応答解析を実施することにより,建屋各部 位の応答を算定し,建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

原子炉建屋の耐震健全性の確認フローを,後述する原子炉建屋内の安全上 重要な機器・配管の耐震健全性の確認フローと合わせて図 5.2.1 に示す。

5.2.1 建屋の耐震健全性の確認方法

建屋の耐震健全性が確保されていることを以下の手順で確認する。

(1) 地震応答解析

基礎版上の観測記録波を解析モデルの基礎版上に入力し,建屋各部位 の応答を算定し,観測記録との比較を行う。

(2) せん断変形角による耐震健全性の確認

地震応答解析により求められる各階のせん断変形角が,壁のひび割れ が発生する変形角の目安値(0.2~0.3×10⁻³rad)^{*1}以下で,建屋が弾性 範囲にあることを確認する。

※1: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- 1999 日本建築学会

(3) せん断力による耐震健全性の確認

地震応答解析により求められる最大せん断力が,基準地震動S₁によ る応答値に余裕をみて設定した設計用地震力以下で,建屋が弾性範囲に あることを確認する。



図 5.2.1 原子炉建屋および同建屋内機器・配管の耐震健全性の確認フロー

(1) 地震応答解析

地震応答解析は,解析モデルをスウェイーロッキングモデルとし,基礎版上のバックアップ用地震計による観測記録波を解析モデルの基礎版上へ入力することにより行う。地震応答解析の概要を図5.2.2に,解析に用いた基礎版上の観測記録波(1号機入力波)の加速度波形および加速度応答スペクトルを図5.2.3に示す。

地震応答解析により求められた加速度応答スペクトルについて、観測 記録と比較して図 5.2.4 に示す。 図 5.2.4 には、参考のため、基準地 震動 S_1 および基準地震動 S_2 による加速度応答スペクトルも併記した。

なお、地震応答解析による原子炉建屋の接地率は、NS方向、EW方 向ともに100%となっている。

(2) せん断変形角による耐震健全性の確認

解析により求められた各階のせん断変形角を,壁のひび割れが発生す る変形角の目安値と併せて図 5.2.5 に示す。

各階のせん断変形角は,壁のひび割れが発生する変形角の目安値(0.2 ~0.3×10⁻³rad)以下であり,原子炉建屋は弾性範囲に十分収まっていることから,耐震健全性は確保されていることを確認した。

(3) せん断力による耐震健全性の確認

解析により求められた最大せん断力を,基準地震動S₁による応答値 並びに設計用地震力と併せて図 5.2.6 に示す。

最大せん断力は,基準地震動S₁による応答値に余裕をみて設定した 設計用地震力以下であり,原子炉建屋は弾性範囲にあることから,耐震 健全性は確保されていることを確認した。

また,今回解析により求められた原子炉建屋の各階に作用する水平力 の総和であるベースシャーは,設計用地震力による値に対し,NS方向 で約4割,EW方向で約5割となっている。



建屋線形

建屋減衰5%

•



EW方向

図 5.2.2 基礎版上の観測記録波を用いた地震応答解析の概要(志賀1号機)















加速度応答スペクトル

図 5.2.3 1号機入力波の加速度波形および加速度応答スペクトル(志賀1号機)



NS方向 加速度応答スペクトル

EW方向 加速度応答スペクトル

図 5.2.4 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機)



図 5.2.5 各層のせん断変形角(志賀1号機)



NS方向



EW方向

図 5.2.6 解析により求められた最大せん断力と設計用地震力の比較(志賀1号機)

(1) 地震応答解析

地震応答解析は,解析モデルをスウェイーロッキングモデルとし,基礎版上の地震観測用強震計(NS方向:東,EW方向:南2)による観測記録波を解析モデルの基礎版上へ入力することにより行う。地震応答解析の概要を図5.2.7に,解析に用いた基礎版上の観測記録波(2号機入力波)の加速度波形および加速度応答スペクトルを図5.2.8に示す。なお,図5.2.8については,基礎版上で観測された2号機入力波以外の記録(NS方向:西2,EW方向:北)の加速度応答スペクトルも併記した。

地震応答解析により求められた加速度応答スペクトルについて、観測 記録と比較して図 5.2.9 に示す。図 5.2.9 には、参考のため、基準地震 動 S_1 および基準地震動 S_2 による加速度応答スペクトルも併記した。

なお、地震応答解析による原子炉建屋の接地率は、NS方向、EW方 向ともに100%となっている

(2) せん断変形角による耐震健全性の確認

解析により求められた各階のせん断変形角を,壁のひび割れが発生す る変形角の目安値と併せて図 5.2.10 に示す。

各階のせん断変形角は,壁のひび割れが発生する変形角の目安値(0.2 ~0.3×10⁻³rad)以下であり,原子炉建屋は弾性範囲に十分収まっていることから,耐震健全性は確保されていることを確認した。

(3) せん断力による耐震健全性の確認

解析により求められた最大せん断力を,基準地震動S₁による応答値 並びに設計用地震力と併せて図 5.2.11 に示す。

最大せん断力は,基準地震動S₁による応答値に余裕をみて設定した 設計用地震力以下であり,原子炉建屋は弾性範囲にあることから,耐震 健全性は確保されていることを確認した。

また,今回解析により求められた原子炉建屋の各階に作用する水平力 の総和であるベースシャーは,設計用地震力による値に対し,NS方向 で約5割,EW方向で約7割となっている。



図 5.2.7 基礎版上の観測記録波を用いた地震応答解析の概要(志賀2号機)














加速度応答スペクトル

図 5.2.8 2 号機入力波の加速度波形および加速度応答スペクトル(志賀 2 号機)



2階(EL+21.3m)

NS方向 加速度応答スペクトル

EW方向 加速度応答スペクトル

図 5.2.9 床応答スペクトルの比較(S_1 , S_2 応答と観測記録と解析結果)(志賀 2 号機)



図 5.2.10 各層のせん断変形角(志賀 2 号機)

- 解析結果 ----- S ₁応答値 ---- 設計用地震力







EW方向

0 1.0 2.0 ($\times 10^5$ kN)

図 5.2.11 解析により求められた最大せん断力と設計用地震力の比較(志賀2号機)

5.2.4 小結

志賀原子力発電所1号機原子炉建屋および2号機原子炉建屋について, 今回の地震において原子炉建屋基礎版上で観測された記録を用いて地震 応答解析を行った。その結果,地震応答解析により求められた各階のせん 断変形角は,壁のひび割れが発生する変形角の目安値以下であった。

また,最大せん断力は,基準地震動S₁による応答値に余裕をみて設定 した設計用地震力以下であり,建屋の各階に作用する水平力の総和も,設 計用地震力による値を下回っていた。

以上の結果,今回の地震を踏まえても建屋は弾性範囲に十分収まっていることから,建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

5.3 機器・配管(A, Asクラス)の耐震健全性の確認結果

原子炉建屋内の安全上重要な機器・配管について,今回の地震観測記録ま たは原子炉建屋基礎版上での観測記録を用いた地震応答解析結果を用いて それぞれの機器・配管に加わる力を求め,設計で考慮した地震力やそれぞれ の設備に求められる許容値と比較することで,耐震健全性が確保されている ことを確認した。

原子炉建屋内の安全上重要な機器・配管の耐震健全性の確認フローを図 5.2.1 に示す。

5.3.1 機器・配管の耐震健全性の確認方法

機器・配管の耐震健全性が確保されていることを以下の手順で確認す る。

- (1) 今回の地震による床応答スペクトルを算定する。
- (2) 床応答スペクトルを基に機器・配管の固有周期に対応する加速度を求める。
- (3) 固有周期が 0.05 秒以下の機器・配管については,設計時に考慮した 加速度と比較して今回の地震による最大加速度が下回っているかどう かの確認をする。
- (4)固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管については、当該固有周期に 基づき設計時に考慮した加速度と比較して今回の地震による加速度が 下回っているかどうかの確認をする。
- (5) 今回の地震による加速度が設計時に考慮したものを上回っていると きは、今回の地震による発生応力を求め、許容値を下回っていること を確認する。
- 5.3.2 機器・配管の耐震健全性の確認

固有周期が 0.05 秒以下の機器・配管の設計時に考慮した静的震度 3.6 Ciから求まる加速度と今回の観測記録による 1 号機原子炉建屋および 2 号機原子炉建屋の最大加速度を比較して図 5.3.1 に示す。

これによれば、観測記録による最大加速度は、固有周期が 0.05 秒以下 の剛な機器・配管の設計に考慮した静的震度 3.6C i から求まる加速度を 下回っており、これらの機器・配管の耐震健全性は確保されていることを 確認した。

また,固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管について,今回の観測記録による原子炉建屋の地震応答解析の結果を基に今回の地震による加速度を算定し,設計時に考慮した加速度を比較したところ,

- (1)今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っているものについては、これら機器・配管の耐震健全性は確保されていることを確認した。
- (2)今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を上回っているものについては、1号機および2号機の各機器・配管に発生する応力を求めた。その結果を表5.3.1および表5.3.2に示す。これによれば、機器・配管に発生する応力は基準地震動S₁に対する許容値以下であり、弾性範囲に十分収まっていること、並びに燃料集合体の応答変位は基準地震動S₁による応答変位を下回っていることから、これら機器・配管の耐震健全性は確保されていることを確認した。

なお、詳細については別紙-3に示す。









図 5.3.1 固有周期が 0.05 秒以下の機器・配管の耐震健全性確認結果

表 5.3.1 固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管の耐震健全性確認結果

(志賀1号機)

| 機器・配管名称 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|-----------------------|------------------------------|--|------------|
| 残留熱除去系熱交換器 | 136 | 456 | \bigcirc |
| 原子炉冷却材浄化系配管 | 67 | 182 | \bigcirc |
| 低圧炉心スプレイ系配管 | 192 | 219 | \bigcirc |
| 原子炉補機冷却水系配管 | 98 | 228 | \bigcirc |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 | 196 | 228 | \bigcirc |
| 制御棒駆動系配管 | 59 | 158 | \bigcirc |
| 非常用ガス処理系配管 | 184 | 214 | \bigcirc |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 | 118 | 218 | \bigcirc |
| 放射性ドレン移送系配管 | 182 | 230 | \bigcirc |
| 燃料プール冷却浄化系配管 | 90 | 188 | 0 |

(注)計算値(kg/mm²)をSI単位に換算

(志賀2号機)

| 機器・配管名称 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|--------------|------------------------------|--|------------|
| 使用済燃料貯蔵ラック | 90 | 153 | \bigcirc |
| 原子炉冷却材浄化系配管 | 78 | 182 | 0 |
| 残留熱除去系配管 | 180 | 209 | 0 |
| 高圧炉心注水系配管 | 84 | 188 | 0 |
| 復水給水系配管 | 151 | 182 | 0 |
| 非常用ガス処理系配管 | 78 | 214 | 0 |
| 制御棒駆動系配管 | 130 | 159 | 0 |
| 燃料プール冷却浄化系配管 | 69 | 188 | 0 |
| 不活性ガス系配管 | 129 | 201 | 0 |

表 5.3.2 燃料集合体の耐震健全性確認結果

(志賀1号機)

| 機器・配管名称 | 今回の地震による 応答変位 (mm) | S ₁ による 応答変位 (mm) | 判定 |
|---------|--------------------------|------------------------------------|------------|
| 燃料集合体 | 5.9 | 19.6 | \bigcirc |

(志賀2号機)

| 機器・配管名称 | 今回の地震による応答変位(mm) | S ₁ による 応答変位 (mm) | 判定 |
|---------|--|------------------------------------|----|
| 燃料集合体 | 7.8 | 20.2 | 0 |

6. 主要施設(原子炉建屋および同建屋内機器・配管を除く)の耐震健全性の 確認結果について

1,2 号機タービン建屋内および海水熱交換器建屋内の安全上重要な機器・ 配管,並びに排気筒が,今回の地震に対して弾性範囲に収まっていることか ら,耐震健全性が確保されていることを確認した。

耐震健全性の確認を行った施設を表 6.1 に示す。また,耐震健全性の確認 フローを図 6.1 に示す。

6.1 確認に用いた地震動

耐震健全性の確認に用いた地震動は、志賀原子力発電所の敷地地盤の岩盤中(EL-10m)で得られた観測記録を用い、EL-10mから上部の地盤の影響を取り除いて解析的に求めた解放基盤表面での地震動(はぎとり波)を用いた。はぎとり波の加速度波形および加速度応答スペクトルを図 4.1.3 に示す。

表 6.1 耐震健全性の確認を行った対象施設

(1 号機)

| 設置場所 | 対象施設 |
|--------------|---|
| カービン建民甘水にし | ・原子炉補機冷却水系配管 |
| クーレン建全基礎版上 | ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 |
| | ・原子炉補機冷却水系熱交換器 |
| | ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポン |
| | プ,熱交換器 |
| 海水熱交換器建屋地下1階 | ・原子炉補機冷却海水系配管、ポンプ、ストレー |
| | ナ |
| | ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系配 |
| | 管,ポンプ,ストレーナ |
| | ・原子炉補機冷却水系配管,ポンプ |
| | ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 |
| 海水熱交換器建屋地上1階 | ・原子炉補機冷却海水系配管 |
| | ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系配 |
| | 管 |
| _ | ・ 排気筒 |

(2 号機)

| 設置場所 | 対象施設 |
|---|------------------------|
| タービン建屋基礎版上 | ・原子炉補機冷却水系配管 |
| | ・原子炉補機冷却水系熱交換器 |
| 海水熱交換器建屋地下1階 | ・原子炉補機冷却海水系配管,ポンプ,ストレー |
| | ナ |
| 海水劫六海兕建民地上1 叱 | ・原子炉補機冷却水系配管,ポンプ |
| 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一 | ・原子炉補機冷却海水系配管 |
| _ | ・排気筒 |



図 6.1 主要施設の耐震健全性の確認フロー

6.2 機器・配管(A, Asクラス)の耐震健全性の確認結果

- 6.2.1 機器・配管の耐震健全性の確認方法
 - (1) 機器・配管の解析に用いる床応答スペクトルの算定にあたっては、 建屋をスウェイーロッキングモデルとし、解放基盤表面位置のはぎ とり波から一次元波動論で評価した地盤応答を入力して地震応答解 析を行う。

地震応答解析の概要を 2 号機を例に,タービン建屋について図 6.2.1 に,海水熱交換器建屋については図 6.2.2 に示す。

安全上重要な機器・配管が設置されている階における地震応答解 析結果から求めた床応答スペクトルを,1,2 号機タービン建屋につい て図 6.2.3 および図 6.2.4 に,1,2 号機海水熱交換器建屋については 図 6.2.5 および図 6.2.6 に示す。

- (2) 床応答スペクトルを基に機器・配管の固有周期に対応する加速度 を求める。
- (3) 設計時に考慮した加速度と比較し、はぎとり波による加速度が下 回っているかどうかの確認をする。
- (4) はぎとり波による加速度が設計時に考慮したものを上回っている ときは、はぎとり波による発生応力を求め、許容値を下回っている ことを確認する。



図 6.2.1 はぎとり波を用いた地震応答解析の概要(2号機タービン建屋の例)



図 6.2.2 はぎとり波を用いた地震応答解析の概要(2号機海水熱交換器建屋の例)







基礎版上(EL-4.4m) NS方向 床応答スペクトル

基礎版上(EL-4.4m)

EW方向 床応答スペクトル

図 6.2.4 床応答スペクトル(2 号機タービン建屋) (S₁, S₂応答とはぎとり波を用いた解析結果)



NS方向 床応答スペクトル



EW方向 床応答スペクトル

図 6.2.5 床応答スペクトル(1 号機海水熱交換器建屋) (S₁, S₂応答とはぎとり波を用いた解析結果)



NS方向 床応答スペクトル



EW方向 床応答スペクトル

図 6.2.6 床応答スペクトル(2 号機海水熱交換器建屋) (S₁, S₂応答とはぎとり波を用いた解析結果)

6.2.2 機器・配管の耐震健全性の確認

6.2.2.1 固有周期が 0.05 秒以下の機器・配管の耐震健全性の確認

固有周期が 0.05 秒以下の安全上重要な機器・配管については, 1,2 号機海水熱交換器建屋に設置されているものに対して耐震健全性が確 保されていることを確認した。なお, 1,2 号機タービン建屋には固有 周期が 0.05 秒以下の安全上重要な機器・配管は設置されていない。

はぎとり波による 1,2 号機海水熱交換器建屋の機器・配管設置床の 最大加速度と,設計時に考慮した静的震度 3.6C i から求まる加速度 を比較して表 6.2.1 に示す。

はぎとり波による最大加速度は,固有周期が 0.05 秒以下の剛な機器・配管の設計に考慮した静的震度 3.6C i から求まる加速度を下回 っており,これらの機器・配管の耐震健全性は確保されていることを 確認した。

6.2.2.2 固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管の耐震健全性の確認

固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管について,はぎとり波による 1,2 号機タービン建屋および海水熱交換器建屋の地震応答解析の結果 を基に今回の地震による加速度を算定し,以下の確認を行った。

- (1) はぎとり波による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っているものについては、これら機器・配管の耐震健全性は確保されていることを確認した。なお、この場合、確認結果における発生応力は工認記載値を転記した。
- (2) はぎとり波による加速度が設計時に考慮した加速度を上回って いるものについては、各機器・配管に発生する応力を求め、許容 値との比較を行った。

その結果を表 6.2.2 および表 6.2.3 に示す。これによれば、機器・ 配管に発生する応力は基準地震動 S₁に対する許容値以下であり、弾 性範囲に十分収まっていることから、これら機器・配管の耐震健全性 は確保されていることを確認した。

なお、詳細については別紙-3に示す。

| 中レベル | はぎと | とり波 | 3.6 | C i | |
|-------------|---|------|------|------|------|
| M L VIL | | NS方向 | EW方向 | NS方向 | EW方向 |
| EL+11.3m | ・原子炉補機冷却水ポンプ | 296 | 304 | 717 | 766 |
| EL+ 3.3m | ・原子炉補機冷却水系熱交換器 ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポンプ,熱交換器 ・原子炉補機冷却海水系配管の一部, ストレーナ ・高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系配管の一部, ストレーナ | 288 | 275 | 565 | 565 |

(1号機海水熱交換器建屋)

[Gal]

(2号機海水熱交換器建屋)

[Gal]

| 庄レベル | | はぎとり波 | | 3.6C i | |
|-------------|---|-------|------|--------|------|
| | | NS方向 | EW方向 | NS方向 | EW方向 |
| EL+11.3m | ・原子炉補機冷却水ポンプ | 308 | 349 | 777 | 777 |
| EL+ 2.2m | ・原子炉補機冷却水系熱交換器 ・原子炉補機冷却海水系配管の一部, ストレーナ | 277 | 303 | 565 | 565 |

表 6.2.2 固有周期が 0.05 秒を超える機器・配管の耐震健全性確認結果

(1号機タービン建屋)

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|--------------------------------|------|------------------------------|--|------------|
| 原子炉補機冷却水系配管 | 基礎版上 | 122 | 233 | \bigcirc |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補 機冷却水系配管 | 基礎版上 | 86 | 228 | 0 |

(注) 計算値(kg/mm²)をSI単位に換算

(2号機タービン建屋)

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|-------------|------|------------------------------|--|------------|
| 原子炉補機冷却水系配管 | 基礎版上 | 138 | 233 | \bigcirc |

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|----------------------------|------|------------------------------|--|------------|
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 地下1階 | 17 | 149 | 0 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補 機冷却海水ポンプ | 地下1階 | 6 | 114 | 0 |
| 原子炉補機冷却水系配管 | 地上1階 | 168 | 233 | \bigcirc |
| 原子炉補機冷却海水系配管 | 地上1階 | 156 | 205 | \bigcirc |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補 機冷却水系配管 | 地上1階 | 129 | 228 | \bigcirc |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補 機冷却海水系配管 | 地上1階 | 156 | 205 | 0 |

(1号機海水熱交換器建屋)

(注) 計算値(kg/mm²)をSI単位に換算

(2号機海水熱交換器建屋)

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₁ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|--------------|------|------------------------------|--|------------|
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 地下1階 | 10 | 118 | 0 |
| 原子炉補機冷却水系配管 | 地上1階 | 105 | 233 | \bigcirc |
| 原子炉補機冷却海水系配管 | 地上1階 | 130 | 241 | 0 |

6.3 排気筒の耐震健全性の確認結果

6.3.1 排気筒の耐震健全性の確認方法

(1) 排気筒の地震応答解析は、解析モデルをスウェイーロッキングモデルとし、解放基盤表面位置のはぎとり波から一次元波動論で評価した地盤応答を入力して行う。

地震応答解析の概要を図 6.3.1 に示す。

(2) 地震応答解析により求まる排気筒の曲げモーメントおよび鉛直地 震力を考慮した軸力から各要素の発生応力を求め、下式により各要 素の許容座屈応力度^{*1}を下回っていることを確認する。

なお,鉛直地震力は,はぎとり波の最大加速度振幅の 1/2 の値を 鉛直震度として求め,水平地震力と同時に不利な方向の組合せで作 用するものとする。

※1 塔状鋼構造設計指針·同解説 1980 日本建築学会

 $\frac{\sigma_c + \sigma_b}{f_c'} \leq 1$

 σ_{c} :平均圧縮応力度

 $_{c}\sigma_{b}$: 圧縮側曲げ応力度

- f. : 円筒の局部座屈に対する許容応力度
- 6.3.2 排気筒の耐震健全性の確認

地震応答解析により求まった曲げモーメントを設計時に考慮した曲げ モーメントと比較して図 6.3.2 および図 6.3.3 に示す。また,曲げモー メントおよび軸力から各要素の発生応力を求め,許容座屈応力度に対し て発生応力が最も厳しい要素の値を表 6.3.1 に示す。

これらによれば、はぎとり波により求まった曲げモーメントは設計時 に考慮した曲げモーメント以下であり、発生する応力は許容座屈応力度 以下となっている。以上より、排気筒は弾性範囲に十分収まっているこ とから、耐震健全性は確保されていることを確認した。

なお,地震応答解析による排気筒の接地率は,1,2 号機ともに 100% となっている。







図 6.3.1(2) はぎとり波を用いた地震応答解析の概要(2号機排気筒)



(鋼製自立形)

図 6.3.2 はぎとり波による曲げモーメント(1号機排気筒)



(鋼製自立形)

図 6.3.3 はぎとり波による曲げモーメント(2号機排気筒)

表 6.3.1 排気筒の耐震健全性の確認結果

(1 号機 排気筒)

| 要素 番号 | 軸力 (kN) | 曲げ モーメント (kN・m) | 板厚 (mm) | 外径 (mm) | 圧縮応力度 σ_c (N/mm^2) | 曲げ応力度 $_c\sigma_b$ (N/mm^2) | 許容座屈 応力度 <i>fc</i> ″ (N/mm ²) | 判定 |
|----------|------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|---|----|
| 28 | 817 | 12, 137 | 15 | 5,811 | 3. 0 | 30. 7 | 138. 7 | 0 |

(2 号機 排気筒)

| 要素 番号 | 軸力 (kN) | 曲げ モーメント (kN・m) | 板厚 (mm) | 外径 (mm) | 圧縮応力度 σ_c (N/mm^2) | 曲げ応力度 $_c\sigma_b$ (N/mm^2) | 許容座屈 応力度 <i>fc "</i> (N/mm ²) | 判定 |
|----------|------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|---|----|
| 28 | 830 | 15, 440 | 15 | 5, 811 | 3.0 | 39. 1 | 138. 7 | 0 |

7. 固有周期が長周期である主要施設の耐震安全余裕の確認結果について

はぎとり波が長周期側の一部の周期帯で基準地震動S₂を上回ったことか ら、念のため長周期側で今回の地震動を上回る地震動を想定し、長周期側の 主要施設であるタービン建屋基礎版上に設置されている原子炉補機冷却水系 配管および排気筒について耐震安全余裕を有していることを確認した。

耐震安全余裕の確認フローを図7.1に示す。

7.1 検討に用いた地震動

検討に用いた地震動の設定にあたっては、今回の地震が比較的敷地近傍 で発生した地震であることから、国内外の震源近傍の地震記録を整理して 最新の知見として策定された地震動「震源を事前に特定できない内陸地殻 内地震による地震動レベル」(加藤・他,2004)において、応答スペクト ルの長周期側が大きくなっていることを踏まえ、この長周期側の応答スペ クトル形状を参考にして定めた。

検討に用いた地震動の加速度応答スペクトルおよびこの加速度応答スペクトルに適合するように作成した模擬地震波の加速度波形を図 7.1.1 に示す。



RCW配管:原子炉補機冷却水系配管

図 7.1 固有周期が長周期である主要施設の耐震安全余裕の確認フロー





加速度応答スペクトル



図 7.1.1 検討に用いた地震動の加速度応答スペクトルおよび模擬地震波の加 速度波形

- 7.2 原子炉補機冷却水系配管の耐震安全余裕の確認結果
 - 7.2.1 配管の耐震安全余裕の確認方法
 - (1) 配管の解析に用いる床応答スペクトルの算定にあたっては、図
 6.2.1 に示す解析モデルを用いて、検討に用いた地震動から一次元波
 動論で評価した地盤応答を入力して行う。

配管が設置されている階における地震応答解析結果から求めた床応 答スペクトルを,1,2 号機タービン建屋について図 7.2.1 および図 7.2.2 に示す。

- (2) 床応答スペクトルを基に配管の固有周期に対応する加速度を求める。
- (3) 加速度を基に発生応力を求め、許容値を下回っていることを確認 する。



図 7.2.1 検討に用いた地震動による床応答スペクトル(1号機タービン建屋)



図 7.2.2 検討に用いた地震動による床応答スペクトル(2号機タービン建屋)

検討に用いた地震動による 1,2 号機タービン建屋の床応答スペクトル から加速度を算定し、1,2 号機の原子炉補機冷却水系配管に発生する応 力を求めて、許容値と比較した。その結果を表 7.2.2 に示す。

これによれば、配管に発生する応力は基準地震動 S₂に対する許容値 以下であることから、これら配管について耐震安全余裕を有しているこ とを確認した。

なお,詳細については別紙-3に示す。

(1 号機)

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₂ 許容値 (N/mm ²) | 判定 | | | |
|-------------|------------|------------------------------|--|------------|--|--|--|
| 原子炉補機冷却水系配管 | タービン建屋基礎版上 | 184 | 345 | \bigcirc | | | |
| | | | | | | | |

(注) 計算値(kg/mm²)をSI単位に換算

(2 号機)

| 機器・配管名称 | 設置場所 | 発生応力 (N/mm ²) | S ₂ 許容値 (N/mm ²) | 判定 |
|-------------|------------|------------------------------|--|------------|
| 原子炉補機冷却水系配管 | タービン建屋基礎版上 | 170 | 344 | \bigcirc |

7.3 排気筒の耐震安全余裕の確認結果

- 7.3.1 排気筒の耐震安全余裕の確認方法
 - (1) 排気筒の地震応答解析は,図 6.3.1 に示す解析モデルを用いて, 検討に用いた地震動から一次元波動論で評価した地盤応答を入力し て行う。
 - (2) 地震応答解析により求まる排気筒の曲げモーメントおよび鉛直地 震力を考慮した軸力から各要素の発生応力を求め、下式により各要 素の許容座屈応力度^{*1}を下回っていることを確認する。

なお,鉛直地震力は,検討に用いた地震動の最大加速度振幅の1/2 の値を鉛直震度として求め,水平地震力と同時に不利な方向の組合 せで作用するものとする。

※1 塔状鋼構造設計指針·同解説 1980 日本建築学会

$$\frac{\sigma_c + \sigma_b}{f_c} \leq 1$$

 σ_a :平均圧縮応力度

 σ_{b} : 圧縮側曲げ応力度

- f.: 円筒の局部座屈に対する許容応力度
- 7.3.2 排気筒の耐震安全余裕の確認

地震応答解析により求まった曲げモーメントを図 7.3.1 および図 7.3.2 に示す。曲げモーメントおよび軸力から各要素の発生応力を求め, 許容座屈応力度に対して発生応力が最も厳しい要素の値を表 7.3.1 に 示す。

これによれば,排気筒に発生する応力は許容座屈応力度以下であるこ とから,排気筒について耐震安全余裕を有していることを確認した。

なお,地震応答解析による排気筒の接地率は,1号機 96.0%,2号機 79.9%となっている。



(鋼製自立形)

図 7.3.1 検討に用いた地震動による曲げモーメント(1号機排気筒)



(鋼製自立形)

図 7.3.2 検討に用いた地震動による曲げモーメント(2号機排気筒)
(1 号機 排気筒)

| 要素 番号 | 軸力 (kN) | 曲げ モーメント (kN・m) | 板厚 (mm) | 外径 (mm) | 圧縮応力度 σ_c (N/mm^2) | 曲げ応力度 $_c\sigma_b$ (N/mm^2) | 許容座屈 応力度 <i>fc</i> " (N/mm ²) | 判定 |
|----------|------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|---|----|
| 28 | 888 | 24, 908 | 15 | 5, 811 | 3. 2 | 63.1 | 138. 7 | 0 |

(2 号機 排気筒)

| 要素 番号 | 軸力 (kN) | 曲げ モーメント (kN・m) | 板厚 (mm) | 外径 (mm) | 圧縮応力度 σ_c (N/mm^2) | 曲げ応力度 $_c\sigma_b$ (N/mm^2) | 許容座屈 応力度 <i>fc ^{//}</i> (N/mm ²) | 判定 |
|----------|------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------------|-------------------------------|---|----|
| 28 | 903 | 40, 464 | 15 | 5, 811 | 3. 3 | 102. 5 | 138.7 | 0 |

8. まとめ

8.1 保安確認状況

地震発生直後から,保安規定に基づいて各施設の巡視・点検を行ってき た。これまでのところ安全上問題となるものはなかった。

地震発生時,1,2号機とも停止状態であったことから,停止状態で機能要 求のある設備・系統の作動試験等を実施したところ,異常はなかった。引 き続き1,2号機の定期検査にあわせて,機能要求のある設備・系統の作動 試験・機能試験を実施していく。

8.2 志賀原子力発電所の耐震安全性

敷地地盤や 1,2 号機原子炉建屋において観測された地震記録を基に志賀 原子力発電所の耐震安全性について検討した。

その結果,基準地震動を設定している解放基盤表面での地震動を算定したところ,この地震動による応答スペクトルは長周期側の一部の周期帯において基準地震動S₂を上回っていた。

しかしながら、志賀原子力発電所では安全上重要な施設のほとんどは剛構造としているため、これらの固有周期は短周期側に集中している。また、この地震動による応答スペクトルが基準地震動S₂を上回る周期帯には、安全上重要な施設がないことを確認した。

はぎとり波の応答スペクトルは、一部の周期帯で基準地震動S₁を超えて いるものの、安全上重要な施設に影響を与える可能性のある短周期帯では、 超えている割合はわずかであり、念のため、1,2号機の原子炉建屋で観測さ れた地震記録に基づいて、原子炉建屋および同建屋内の安全上重要な機 器・配管が地震によって受けた力を評価したところ、各施設とも弾性範囲 内に十分収まっており、施設の耐震健全性が確保されていることを確認し た。

また,はぎとり波を基に,1,2号機タービン建屋内および海水熱交換器建 屋内の安全上重要な機器・配管や排気筒についても確認を実施したところ, 各施設とも弾性範囲内に十分収まっており,施設の耐震健全性が確保され ていることを確認した。

さらに、はぎとり波が長周期側の一部で基準地震動S₂を上回ったことか ら、念のため長周期側で今回の地震動を上回る地震動を想定し、長周期側 の主要施設であるタービン建屋内に設置されている原子炉補機冷却水系配 管および排気筒について耐震安全余裕を有していることの確認を実施した ところ、各施設とも発生する応力は、各々の施設に要求される許容値以下 であったことから,各施設について耐震安全余裕を有していることを確認 した。

原子力発電所では,基準地震動を設定する基本設計段階,基準地震動を 用いて行う詳細設計段階の各段階で余裕を見込んでおり,今回の地震を踏 まえても志賀原子力発電所の耐震安全性は確保されていることから,これ までの耐震設計に問題はないものと考えている。

8.3 今後の取り組み

当社は,現在,「新耐震指針に照らした耐震安全性評価」を鋭意進めてい るが,能登半島地震をもたらした震源断層や地震の特性等について適切か つ積極的に評価していくため,以下のような調査,検討を実施している。

陸域については、本地震の震源域において地表地質踏査を実施するとと もに、研究機関が実施したトレンチ調査に対しても、当社が行ってきた地 形、地質調査に基づく各種データの提供を行うなど、積極的に取り組んで きている。また、航空レーザ計測により地震前の地形を高精度で把握して いたことから、地震後において再度、航空レーザ計測を実施することによ り広域的な地殻変動量の解析を行っている。

海域については、各種研究機関において沿岸域における地震規模の予測, 発生の長期評価および強震動予測の高度化のための資料を提供する調査研 究が行われている。能登半島地震を迅速かつ科学的に解明していくために は、これらの調査研究と連携していくことが不可欠と考えられることから、 当社がこれまでに行ってきた地質・地質構造調査に基づく各種データを提 供するなど、積極的に取り組んでいく。

これらの陸域および海域における調査結果と、当社がこれまでに行って きた調査結果とを併せ検討し、能登半島地震をもたらした震源断層につい て総合的に評価していく。

また,研究機関等から公表される能登半島地震の余震分布や震源断層面に 関する地震学的な研究成果を基に本地震並びにこの地域での地震の特徴に ついて調査を行うとともに,敷地および敷地周辺で得られた地震観測記録 を基に,震源特性,伝播特性,サイト特性についての検討を行い,今回の 地震が,長周期側の一部の周期帯で基準地震動S₂を上回ることとなった要 因について分析する。

さらに、今後の耐震安全性評価に用いる建屋モデルについても、観測記録 を用いた検討により高精度化を図っていく。

以上の「平成19年(2007年)能登半島地震」に関する調査,検討により

得られた知見について,新耐震指針に照らした耐震安全性評価における基 準地震動Ssの策定等に適切に反映していく。

また,平成19年7月16日に発生した「平成19年(2007年)新潟県中越 沖地震」に関して,各種研究機関による海域の活断層,震源断層,地震動 等に関する調査研究成果について注視するとともに,今後,東京電力株式 会社において実施される海域の活断層調査や地震観測記録の分析結果等, この地震によって得られた知見についても適切に反映していく。

志賀1号機 使用済燃料貯蔵プール水の飛散状況





変圧器放圧装置の取替状況

1 号機主変圧器



1号機主変圧器 放圧装置の取替状況

志賀2号機 原子炉建屋での水銀灯の落下について

1. ガラス片の回収結果

原子炉建屋5階で、地震で落下し飛散した水銀灯の電球のガラス片について、床面、使用 済燃料貯蔵プール、原子炉ウェル、蒸気乾燥器・気水分離器プールを捜索し、99.6%(全体983.6gのうち979.4g)のガラス片を回収しました。



2. 未回収のガラス片による燃料及び機器の健全性の評価

未回収のガラス片(4.2g)による燃料及び機器への影響評価を行い、健全性に影響がないことを確認しました。

(評価結果)

- (1) 燃料への影響評価
 - ・ 除熱能力の低下について

未回収のガラス片全て(約19cm²)が、仮に燃料集合体1体の冷却水流路の一部 を塞いでも、燃料集合体の除熱能力の低下量は1%程度であり、問題ないことを確認し ました。

・ 燃料棒の機械的損傷について

燃料集合体にガラス片が混入しても、ガラス片は燃料被覆管より脆いことから、燃料 被覆管の健全性に影響はありません。

(2) 燃料以外の機器への影響評価

未回収のガラス片は、残留熱除去系、原子炉冷却材浄化系等にも混入した可能性があ りますが、ガラス片は、これらの系統機器を通過し、系統に設置されている異物捕捉を 目的としたフィルタ類に捕捉される為、これらの機器の作動等、健全性に影響はありま せん。

以上

添付資料-4

志賀2号機 低圧タービンの点検結果について



接触程度の比較

| 低圧タービン | つぶれ高さ(平均値)* ¹ (単位 : μm) | つぶれた面積(平均値)* ² (単位:μm·mm) |
|--------|---------------------------------------|---|
| (A) | 0. 88 | 0. 67 |
| (B) | 0. 72 | 0. 51 |
| (C) | 0. 48 | 0. 05 |

*1 接触時の力の大きさに応じてつぶれ高さが変わる。

*2 接触の回数に応じてつぶれた面積が変わる。

1. 接触状況



2. 点検結果

| 低圧 タービン | 段落 | 点検範囲 | 点検内容 | 点検結果 |
|------------|-------|---------|---------------------------------|------|
| А | 8~11段 | 動翼全数 | 動翼を分解し点検実施 | 異常なし |
| В | 8~11段 | 動翼全数 | 】・外観目視点検(∨ T) 」・磁粉探傷検査 (M T) | 異常なし |
| С | 8~10段 | 止翼まわり*3 | ・寸法確認 | 異常なし |



*3 止翼:動翼ダブティル部のフック(溝に引っかかる部分) を有しない翼であり隣の翼と止キーで固定されて いる。



工学的安全施設等の作動試験について

(志賀1号機)

| 試 験 設 備 | 試 験 概 要 | 試験の実施状況 |
|-----------------|---|-------------------|
| 非常用炉心冷却系 | ポンプ手動起動試験等を行い,健全性を 確認する。 | 異常なし (3月29日終了) |
| 原子炉隔離時冷却系 | ポンプ手動起動試験等を行い,健全性を 確認する。 | 原子炉起動後に実施予定 |
| 制御棒駆動系 | 制御棒の動作が正常であることを確認 する。 | 原子炉起動前に実施予定 |
| ほう酸水注入系 | ポンプ起動試験等及びほう酸水の量,温 度の測定を行い,健全性を確認する。 | 異常なし (3月27日終了) |
| <u>非常用ガス処理系</u> | 排気ファン手動起動試験を行い,健全性 を確認する。 | 異常なし (3月27日終了) |
| 可燃性ガス濃度制御系 | ブロワ常温作動試験等を行い,健全性を 確認する。 | 異常なし (3月29日終了) |
| ディーゼル発電設備 | ディーゼル発電設備及び付属設備の試 験を行い,健全性を確認する。 | 異常なし (3月29日終了) |

(志賀2号機)

| 試 験 設 備 | 試 験 概 要 | 試験の実施状況 |
|---------------------|---|--------------------|
| 非常用炉心冷却系 | ポンプ手動起動試験等を行い,健全性を 確認する。 | 異常なし (6月13日終了)* |
| 制御棒駆動系 | 制御棒の動作が正常であることを確認 する。 | 原子炉起動前に実施予定 |
| ほう酸水注入系 | ポンプ起動試験等及びほう酸水の量,温 度の測定を行い,健全性を確認する。 | 異常なし (3月27日終了) |
| 非常用ガス処理系 | 排気ファン手動起動試験を行い,健全性 を確認する。 | 異常なし (3月26日終了) |
| 可燃性ガス濃度制御系 | ブロワ常温作動試験等を行い,健全性を 確認する。 | 異常なし (3月27日終了)* |
| <u>非常用ディーゼル発電設備</u> | ディーゼル発電設備及び付属設備の試 験を行い,健全性を確認する。 | 異常なし (3月27日終了)* |

*:現在実施できる系統について実施。

定期検査において点検中の系統については、点検終了後に実施予定。

注) 下線は原子炉冷温停止状態(1号機: 冷温停止,2号機: 燃料交換) で機能維持要求のある 設備,系統

安全確保上重要な設備の機能試験について

(志賀1号機)

| 試験設備 | 試験概要 | 試験の実施状況 |
|----------------------|--------------------------------|-----------|
| 原子炉冷却材圧力バ | 原子炉冷却材圧力バウンダリについて耐圧試験を実 | 原子炉起動前に実 |
| ウンダリ | 施し,健全性が維持されていることを確認する。 | 施予定 |
| 主基层阿娜会 | 作動試験及び漏えい率試験を行い、機能が正常であ | 原子炉起動前に実 |
| 土烝风隔離开 | ることを確認する。 | 施予定 |
| 北帝田后了为和文 | ポンプ自動起動試験等を行い、機能が正常であるこ | 原子炉起動前に実 |
| 并吊用炉心行却杀 | とを確認する。 | 施予定 |
| 百乙后原酶呋次却조 | ポンプ自動起動試験等を行い、機能が正常であるこ | 原子炉起動後に実 |
| 尿丁炉I隔 艇时 竹和术 | とを確認する。 | 施予定 |
| 生化生素取新物性 | 制御棒の通常駆動及びスクラムの時間が基準値内で | 原子炉起動前に実 |
| 前仰徑腳對機構 | あることを確認する。 | 施予定 |
| 百乙后取刍信止조 | 原子炉緊急停止系のロジック回路が正常であること | 原子炉起動前に実 |
| 原丁炉茶芯停工术 | 及び設定値が正常であることを確認する。 | 施予定 |
| 総合インターロック | 原子炉、タービン、発電機の総合的なプラント停止 | 原子炉起動前に実 |
| 認らインターロック | インターロックが正常に作動することを確認する。 | 施予定 |
| 妆针绚险担壮墨 | エリアモニタ、プロセスモニタについて設定値の確 | 異常なし |
| <u> </u> | 認を行い、異常のないことを確認する。 | (4月20日終了) |
| | 高性能フィルタ、活性炭フィルタの据付状態時の除 | 異常なし |
| 非常用ガス処理系 | 去効率試験,系統の自動作動試験を行い,所定の機 | (5月7日終了) |
| | 能を有することを確認する。 | |
| 可燃性ガス濃度 | ブロワ高温作動試験を行い、機能が正常であること | 原子炉起動前に実 |
| 制御系 | を確認する。 | 施予定 |
| 百乙后埔 | 与恋州能試験な行い、 原乙后棟の健全州な破羽する | 異常なし |
| | ×< 名性能試験を11で、原子炉像の健主性を確認する。 | (3月26日終了) |
| 百乙后故劾索兕 | 主蒸気隔離弁を含む自動隔離弁の自動隔離試験,主 | 原子炉起動前に実 |
| 床丁炉 柏利 在 | 蒸気隔離弁の閉鎖時間の測定を実施し、機能が正常 | 施予定 |
| 日期附触开 | であることを確認する。 | |
| 百乙后故如索兕 | 全体漏えい率試験を行い、格納容器の機能が保持さ | 原子炉起動前に実 |
| 尿丁炉 俗酌谷奋 | れていることを確認する。 | 施予定 |
| ディーゼル攻電設備 | 自動起動試験等を行い、機能が正常であることを確 | 原子炉起動前に実 |
| ノイービル光电設備 | 認する。 | 施予定 |
| 池水玄(1 の旦井田) | 水酒の確認 設備の佐動破認な行る | 異常なし |
| <u>1日八示(1,4万六円)</u> | | (3月29日終了) |
| 正内装雪油 | 蓄電池及び充電器の点検を行い,機能が正常である | 異常なし |
| <u> ////) 宙 电 (凹</u> | ことを確認する。 | (3月26日終了) |

(志賀2号機)

| 試験設備 | 試験概要 | 試験の実施状況 |
|--|--|------------|
| 原子炉冷却材圧力バ | 原子炉冷却材圧力バウンダリについて耐圧試験を実施 | 原子炉起動前に実施 |
| ウンダリ | し,健全性が維持されていることを確認する。 | 予定 |
| ンサービュ | 作動試験及び漏えい率試験を行い、機能が正常である | 原子炉起動前に実施 |
| 土烝河隔離开 | ことを確認する。 | 予定 |
| | | 原子炉起動前に実施 |
| | よい、プロ利却科学野姑た行い、挑批が工造でなること。 | 予定(原子炉隔離時 |
| 非常用炉心冷却系 | 小ンノ日期起期試験寺を11℃、機能が止吊てのること たかおよす | 冷却系については、 |
| | を確認する。 | 原子炉起動後に実施 |
| | | 予定) |
| | 制御棒の通常駆動及びスクラムの時間が基準値内であ | 原子炉起動前に実施 |
| 前仰悴 腳城伸 | ることを確認する。 | 予定 |
| | 原子炉緊急停止系のロジック回路が正常であること及 | 原子炉起動前に実施 |
| 原于炉 紫 急停止术 | び設定値が正常であることを確認する。 | 予定 |
| 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一 | 原子炉、タービン、発電機の総合的なプラント停止イ | 原子炉起動前に実施 |
| 総合インクションク | ンターロックが正常に作動することを確認する。 | 予定 |
| 步针绚影担壮墨 | エリアモニタ、プロセスモニタについて設定値の確認 | 異常なし |
| <u> </u> | を行い、異常のないことを確認する。 | (4月27日終了) |
| | 高性能フィルタ、活性炭フィルタの据付状態時の除去 | 異常なし |
| 非常用ガス処理系 | 効率試験,系統の自動作動試験を行い,所定の機能を | (6月21日終了) |
| | 有することを確認する。 | |
| 可燃性ガス濃度 | ブロワ高温作動試験を行い,機能が正常であることを | 原子炉起動前に実施 |
| 制御系 | 確認する。 | 予定 |
| 百乙后埔 | 「「「「「「」」」 「「」」「「」」「「」」「」」「「」」「」」「」」「」」「」 | 異常なし |
| <u> 原丁沪侬</u> | 式留性肥矾硬を11~,尿丁が1杯の健土性を唯恥する。 | (3月26日終了) |
| 百乙后故劾宏兕 | 主蒸気隔離弁を含む自動隔離弁の自動隔離試験,主蒸 | 原子炉起動前に実施 |
| 历丁沪1970日和 白動隔離台 | 気隔離弁の閉鎖時間の測定を実施し、機能が正常であ | 予定 |
| 日期府附加 | ることを確認する。 | |
| 百乙后枚纳宏兕 | 全体漏えい率試験を行い、格納容器の機能が保持され | 原子炉起動前に実施 |
| | ていることを確認する。 | 予定 |
| 非常用ディーゼル | 自動起動試験等を行い,機能が正常であることを確認 | 原子炉起動前に実施 |
| 発電設備 | する。 | 予定 |
| 茶雪油 | 蓄電池及び充電器の点検を行い,機能が正常であるこ | 異常なし |
| <u> </u> | とを確認する。 | (3月26日終了)* |

*:現在実施できる系統について実施。

定期検査において点検中の系統については、点検終了後に実施予定。

注) 下線は原子炉冷温停止状態(1号機: 冷温停止,2号機: 燃料交換) で機能維持要求のある 設備,系統

原子炉安全上の点検・評価

(志賀1号機)

| 確認項目 | 確認内容 | 確認状況 |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 各モニタによる状 | プロセスモニタ、エリアモニタ、原子炉格納容器内雰囲 | 異常なし |
| 態確認 | 気モニタの計器指示及びチャートに有意な変動がな | (3月25日終了) |
| | く、モニタに関連する警報等が発生していないこと | |
| 一次冷却材バウン | 漏えい検出系の警報が発生していないこと | 異常なし |
| ダリの健全性の確 | | (3月25日終了) |
| 認 | | |
| 原子炉水位の変動 | 有意な変動(スクラム時を除く)がないこと | 異常なし |
| 確認 | | (3月25日終了) |
| 非常用炉心冷却系 | 非常用ディーゼル発電機(A,B),高圧炉心スプレイ系デ | 異常なし |
| 作動状況確認 | ィーゼル発電機,低圧炉心スプレイ系,高圧炉心スプレ | (3月25日終了) |
| | イ系,低圧注水系(A,B,C)の動作状態を確認する | |
| 平均出力モニタの | A, B, C, D, E, F, 各CHが正常に動作していること | 異常なし |
| 動作確認 | | (3月25日終了) |
| 中性子源領域モニ | 未臨界状態であること | 異常なし |
| タの動作確認 | | (3月25日終了) |
| 制御棒駆動系スク | スクラム信号より制御棒が全挿入されるまでの時間が | _ |
| ラム挙動確認 | 正常であること | 原子炉停止中のた |
| | | しの全制御棒全挿入 |

(志賀2号機)

| 確認項目 | 確認内容 | 確認状況 |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 各モニタによる状 | プロセスモニタ、エリアモニタ、原子炉格納容器内雰囲 | 異常なし |
| 態確認 | 気モニタの計器指示及びチャートに有意な変動がな | (3月25日終了) |
| | く、モニタに関連する警報等が発生していないこと | |
| 一次冷却材バウン | 漏えい検出系の警報が発生していないこと | 異常なし |
| ダリの健全性の確 | | (3月25日終了) |
| 認 | | |
| 原子炉水位の変動 | 有意な変動(スクラム時を除く)がないこと | 異常なし |
| 確認 | | (3月25日終了) |
| 非常用炉心冷却系 | 非常用ディーゼル発電機(A,B,C),原子炉隔離時冷却系, | 異常なし |
| 作動状況確認 | 高圧炉心注水系(B,C),低圧注水系(A,B,C)の動作状態を | (3月25日終了) |
| | 確認する | |
| 平均出力モニタの | A, B, C, D, 各CHが正常に動作していること | 異常なし |
| 動作確認 | | (3月25日終了) |
| 起動領域モニタの | 未臨界状態であること | 異常なし |
| 動作確認 | | (3月25日終了) |
| 制御棒駆動系スク | スクラム信号より制御棒が全挿入されるまでの時間が | |
| ラム挙動確認 | 正常であること | 原子炉停止中のた |
| | | しめ全制御棒全挿入 |

別紙-1

志賀原子力発電所

敷地地盤における地震観測記録について

目

次

| 1. | はじめに | 1-1 |
|----|-----------------------------|------|
| 2. | 敷地地盤における地震観測記録 | 1-1 |
| | (1) 敷地地盤で得られた地震観測記録 | 1-1 |
| | (2)はぎとり波を算定する際に用いた地盤モデルについて | 1-15 |

1. はじめに

平成 19 年 3 月 25 日に発生した能登半島地震(以下「今回の地震」という。)において、志賀原子力発電所の敷地地盤に設置した地震観測用強震計にて観測記録を得ることができた。

本資料は、今回の地震で敷地地盤において得られた地震観測記録について報告するものである。また、岩盤中(EL-10m (GL-31m, Vs=1,500m/s 相当))で得られた観測記録を用い、EL-10mから上部の地盤の影響を取り除いて解析的に求めた解放基盤表面の地震動(以下「はぎとり波」という。)を算定する際に用いた地盤モデルについてもあわせてとりまとめたものである。

2. 敷地地盤における地震観測記録

志賀原子力発電所では,敷地地盤において図 1-1 に示す位置に強震計を設置し,地震 観測を実施している。

(1) 敷地地盤で得られた地震観測記録

今回の地震において敷地地盤で観測された記録について,最大加速度値を表 1-1 に, 加速度波形を図 1-2~図 1-5 に,観測記録の各深さ毎の応答スペクトルを図 1-6~図 1-9 に,および深度別の応答スペクトルを図 1-10~図 1-12 に示す。

| 涩さ | 上 下 | 抑粉裡的 | | | |
|----------|--------|------|-----|---------|--|
| ik C | N S | EW | UD | 地面但加 | |
| EL+19.5m | 615 | 637 | 443 | 地表 | |
| EL -10m | 203 | 225 | 125 | 地中(岩盤) | |
| EL -100m | 133 | 199 | 123 | 地中(岩盤) | |
| EL -200m | 156 | 155 | 110 | 地中 (岩盤) | |

表 1-1 敷地地盤で観測された今回の地震の最大加速度値



図 1-1 敷地地盤の地震観測用強震計位置図

 1^{-3}







EL-200m 観測記録の加速度波形(EW方向) MAX=155Gal



図 1-2 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL-200m)











図 1-3 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL-100m)







EL-10m 観測記録の加速度波形(EW方向) MAX=225Gal



EL-10m 観測記録の加速度波形(UD方向) MAX=125Gal

図 1-4 敷地地盤観測地点における加速度波形(EL-10m)



EL+19.5m 観測記録の加速度波形(NS方向) MAX=615Gal



EL+19.5m 観測記録の加速度波形(EW方向) MAX=637Gal



EL+19.5m 観測記録の加速度波形(UD方向) MAX=443Gal

図 1-5 敷地地盤観測地点における加速度波形 (EL+19.5m)



図 1-6 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(EL-200m)



図 1-7 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(EL-100m)



図 1-8 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(EL-10m)



図 1-9 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル (EL+19.5m)





図 1-10 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(NS方向)





図 1-11 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(EW方向)





図 1-12 敷地地盤観測地点における観測記録の応答スペクトル(UD方向)

(2)はぎとり波を算定する際に用いた地盤モデルについて

上部の地盤の影響を取り除いて解析的に,はぎとり波を算定する際に用いた地盤 モデルについて以下に示す。

a. はぎとり用地盤モデルの策定概要

はぎとり解析に使用したはぎとり用地盤モデルは,敷地内の地盤調査結果を基に 策定した地盤モデル(以下「初期地盤モデル」という。)を地震観測記録により最 適化することで定めている。

最適化のターゲットとする観測記録は、今回の地震本震の観測記録とした。

b. はぎとり用地盤モデルの最適化手法

最適化の手法は遺伝的アルゴリズム (GA) に基づく手法を用いた。

また、初期地盤モデルに対して、各層のせん断波速度(Vs)及び各層の減衰定数(h)を最適化の対象とした。

初期地盤モデルを表 1-2 に、求められたはぎとり用地盤モデルを表 1-3 に示す。 あわせて、遺伝的アルゴリズム(GA)に基づく手法により最適化対象とした範囲も 示す。

c. 今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルの理論伝達関数 今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルによる理論伝達関数を あわせて、NS方向、EW方向をそれぞれ図 1-13 および図 1-14 に示す。

これらの図を見ると今回の地震の観測記録の伝達関数とはぎとり用地盤モデルに よる理論伝達関数はよく整合していることから,はぎとり波を算定する際には,こ のはぎとり用地盤モデルを用いて解析を行っている。

| | 深さ | 地震計設置位置 | | 層厚 | Vs | ρ | 減衰知 | 定数 h |
|-----|---------|---------|--|----------|-------|-----------|-------|------|
| | GL(m) | EL(m) | | (m) | (m/s) | (t/m^3) | h_1 | α |
| 第1層 | 1 5 | ±10 5 | | 1.5 | 250 | 2.20 | 0.02 | 0.00 |
| 第2層 | -1. 5 | +19.0- | | 2.4 | 250 | 2.20 | 0.03 | 0.00 |
| 第3層 | -25 0 | | | 22.0 | 600 | 1.97 | 0.03 | 0.00 |
| 第4層 | 20.9- | 10.0 | | 5.1 | 1,500 | 2.37 | | |
| 第5層 | -31.0 | -100.0 | | 90.0 | 1,500 | 2.37 | | |
| 第6層 | -121.0 | -100.0- | | 8.9 | 1,500 | 2.37 | 0.03 | 0.00 |
| 第7層 | -129.9- | 200_0 | | 91.1 | 1,960 | 2.38 | | |
| 第8層 | 221.0- | | | ∞ | 1,960 | 2.38 | | |

表 1-2 志賀原子力発電所 初期地盤モデル

注)網掛部分は最適化対象とした範囲

表 1-3 志賀原子力発電所 はぎとり用地盤モデル

| | 深さ | 地震計設置位置 | | 層厚 | Vs | ρ | 減衰定数 h | |
|-----|---------|----------|--|----------|-------|-----------|--------|-------|
| | GL(m) | EL(m) | | (m) | (m/s) | (t/m^3) | h_1 | α |
| 第1層 | 1 5 | +10 5 | | 1.5 | 267 | 2.20 | 0.280 | 0.220 |
| 第2層 | | - 15.5 | | 2.4 | 267 | 2.20 | 0.209 | 0.230 |
| 第3層 | -25.9 | | | 22.0 | 669 | 1.97 | 0.269 | 1.000 |
| 第4層 | -20.9 | _10_0 | | 5.1 | 1,604 | 2.37 | | |
| 第5層 | 121 0 - | -100.0 | | 90.0 | 1,604 | 2.37 | | |
| 第6層 | -121.0 | - 100.0- | | 8.9 | 1,604 | 2.37 | 0.175 | 0.364 |
| 第7層 | -129.9 | -200 0- | | 91.1 | 2,095 | 2.38 | | |
| 第8層 | 221.0- | | | ∞ | 2,095 | 2. 38 | | |

注) 網掛部分は最適化対象とした範囲 減衰定数 $h:h(f)=h_1 \times f^{-\alpha} \quad h_1=h(1)$



図 1-13 今回の地震のNS方向観測記録の伝達関数と はぎとり用地盤モデルの理論伝達関数



図 1-14 今回の地震のEW方向観測記録の伝達関数と はぎとり用地盤モデルの理論伝達関数

別紙-2

志賀原子力発電所 1,2 号機

地震観測記録を用いた原子炉建屋の地震応答解析について

| ы | | |
|-----|--|--|
| • • | | |

| Ø | Ċ |
|---|---|
| ~ | |

| 1. | はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ | 2-1 |
|----|---|-----|
| 2. | 地震応答解析の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ | 2-1 |
| 3. | 地震応答解析結果の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ | 2-1 |

1. はじめに

志賀原子力発電所1号機原子炉建屋および2号機原子炉建屋について、今回の地震の 観測記録を用いて地震応答解析を実施することにより、建屋の耐震健全性が確保されて いることを確認している。

ここでは、原子炉建屋の地震応答解析結果の概要について示す。

2. 地震応答解析の概要

地震応答解析は,解析モデルをスウェイーロッキングモデルとし,原子炉建屋基礎版 上の観測記録波を解析モデルの基礎版上に入力することにより行う。

1号機原子炉建屋および2号機原子炉建屋の地震応答解析の概要を図2-1,図2-2に示す。

1 号機および 2 号機原子炉建屋については,建屋の基本的な振動特性を把握するため に地震観測用強震計を設置し地震観測を行っており,その設置位置を 1 号機については 図 2-3,2 号機については図 2-4 に示す。1 号機については,バックアップ用地震計およ び速報用計測震度計の位置もあわせて示す。

1 号機原子炉建屋の地震応答解析は、基礎版上のバックアップ用地震計(S北)によ る観測記録波を解析モデルに入力することにより行う。解析に用いた基礎版上の観測記 録波(1号機入力波)の加速度波形および加速度応答スペクトルを図 2-5 に示す。

2 号機原子炉建屋の地震応答解析は,基礎版上の地震観測用強震計(NS方向:東, EW方向:南2)による観測記録波を解析モデルに入力することにより行う。解析に用 いた基礎版上の観測記録波(2 号機入力波)の加速度波形および加速度応答スペクトル を図 2-6 に示す。なお,図 2-6 については,基礎版上で観測された2号機入力波以外の 記録(NS方向:西2,EW方向:北)の加速度応答スペクトルも併記した。

3. 地震応答解析結果の概要

地震応答解析により求められた加速度応答スペクトルについて,観測記録と比較して, 1号機NS方向については図 2-7~図 2-9 に, EW方向については図 2-10~図 2-12 に示 す。

また,2号機NS方向については図 2-13~図 2-15 に,EW方向については図 2-16~ 図 2-18 に示す。

なお,参考のため,基準地震動S₁および基準地震動S₂による加速度応答スペクトル も併記した。


建屋線形

建屋減衰5%

• •

•



EW方向

図 2-1 基礎版上の観測記録波を用いた地震応答解析の概要(志賀1号機)



図 2-2 基礎版上の観測記録波を用いた地震応答解析の概要(志賀2号機)



図 2-3 基本的な振動特性を把握するために設置した地震計(志賀1号機)



図 2-4 基本的な振動特性を把握するために設置した地震計(志賀2号機)















加速度応答スペクトル

図 2-5 1号機入力波の加速度波形および加速度応答スペクトル(志賀1号機)















加速度応答スペクトル

図 2-6 2 号機入力波の加速度波形および加速度応答スペクトル(志賀2 号機)





図 2-8 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機) (h=0.05)

2 - 9



屋根 (EL+54.83m)

NS方向 加速度応答スペクトル

図 2-9 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機) (h=0.05)



図 2-10 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機) (h=0.05)

2 - 11



図 2-11 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機) (h=0.05)

2 - 12



2 - 13

EW方向 加速度応答スペクトル

図 2-12 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀1号機) (h=0.05)



NS方向 加速度応答スペクトル

図 2-13 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)

2 - 14



NS方向 加速度応答スペクトル

図 2-14 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)

2 - 15



NS方向 加速度応答スペクトル

図 2-15 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)



図 2-16 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)



図 2-17 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)



EW方向 加速度応答スペクトル

図 2-18 床応答スペクトルの比較(S₁, S₂応答と観測記録と解析結果)(志賀2号機) (h=0.05)

別紙-3

志賀原子力発電所 1,2号機

機器・配管の耐震安全性確認結果について

目

| 1. | はじめに ・・・・・・ 3-1 |
|----|--|
| 2. | 確認対象 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |
| 3. | 確認方法 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |
| | (1) 大型機器 |
| | (2)その他機器・配管 |
| 4. | 確認結果 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · |
| 5. | まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ |

1. はじめに

志賀原子力発電所 1,2 号機の安全上重要な機器・配管の耐震安全性の確認 結果についてまとめる。

2. 確認対象

安全上重要な機器・配管(A, As クラス)の主要な機器・配管を対象に, 確認対象の地震動に対する耐震安全性の確認を実施した。

| なお, | 確認対象施設と確認対象の地震動につい | いては, | 次のとおり。 |
|-----|--------------------|------|--------|
| | | | |

| 本文の章 | 確認対象施設 | 確認対象の地震動 | 確認結果 |
|------|---------|-----------------|--------|
| 5.3 | 原子炉建屋内機 | 今回の地震観測記録または原子 | 表 4-1 |
| | 器・配管 | 炉建屋基礎版上での観測記録を | \sim |
| | | 用いた地震応答解析結果 | 表 4-4 |
| 6.2 | タービン建屋内 | 敷地地盤における地震観測記録 | 表 4-5 |
| | 及び海水熱交換 | から解析的に求めた解放基盤表 | \sim |
| | 器建屋内機器· | 面における地震動(はぎとり波) | 表 4-8 |
| | 配管 | | |
| 7.2 | タービン建屋内 | 長周期側で今回の地震動を上回 | 表 4-9 |
| | の原子炉補機冷 | るよう想定した地震動(検討に | 表 4-10 |
| | 却水系配管 | 用いた地震動) | |

3. 確認方法

(1) 大型機器

地盤-建屋系との連成モデルで地震応答解析を実施する大型機器(原子 炉格納容器,原子炉圧力容器,炉内構造物)について,確認対象の地震動 による地震応答値と基準地震動S₁及びS₂を入力とする工事計画認可時の 応答値との比(応答比)を求め,この応答比を工事計画認可時の応力に乗 じることにより機器に発生した応力を算定し,許容応力と比較し確認した。 (以下「確認手法A」)

(2) その他機器・配管

原子炉格納容器,原子炉圧力容器,炉内構造物以外の機器・配管について は、以下の何れかの応答比を求め、この応答比を工事計画認可時の応力に 乗じることにより、機器・配管に発生した応力を算定し、許容応力と比較 し確認した。(以下「確認手法B」)

- 機器・配管の固有周期範囲内において,確認対象の地震動によ る機器・配管設置床での床応答スペクトルと基準地震動S₁及び S₂を入力とする工事計画認可時の床応答スペクトルの最大比 または震度比
- 機器・配管の固有周期に基づく,確認対象の地震動による床応 答スペクトルと基準地震動S₁及びS₂を入力とする工事計画認 可時の床応答スペクトル比,または震度比

上記の応答比による確認結果が厳しいものは,工事計画認可時の応力計 算手法等を用い機器・配管に発生した応力を算定し,許容応力と比較し確 認した。(以下「確認手法C」)

以上の確認の流れを図 3-1 に示す。

4. 確認結果

上記の確認方法に基づく機器・配管耐震健全性確認結果について,1号機の結果を表4-1,表4-2,表4-5及び表4-6に,2号機の結果を表4-3,表4-4,表4-7及び表4-8に示す。

また,原子炉補機冷却水系配管の耐震安全余裕確認結果について,1号機の結果を表 4-9 に,また2号機の結果を表 4-10 に示す。

なお,確認に使用した手法(前述の確認手法A,B,C)を表 4-1~表 4-10 の備考欄に示す。

表 4-1~表 4-8 に示すとおり,機器・配管に発生した応力は,基準地震動 S₁及びS₂に対する許容応力値以下であり,確認対象の地震動に対する耐震 健全性は確保されていることを確認した。

また,表 4-9,表 4-10 に示すとおり,原子炉補機冷却水系配管に発生する 応力は基準地震動 S₂に対する許容応力値以下であり,これら配管は確認対 象の地震動に対する耐震安全余裕を有していることを確認した。

5. まとめ

確認対象の地震動に対する志賀原子力発電所1,2号機の安全上重要な機器・配管の耐震安全性は確保されていると判断する。



図 3-1 機器・配管の耐震安全性に係る確認の流れ

表4-1(1) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器・配管:1号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ ₄ S) | 判定 | 備考 |
|--------------------------------------|----------|----------------|----------------------------|----------------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm ²) | (N/mm ²) | | |
| シュラウドサポート | レグ | 軸圧縮応力 | 1以下 | 105 (10.7) | 230 (23.5) | 0 | A |
| 上部格子板 | グリッドプレート | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 99 (10.0) | 213 (21.8) | 0 | А |
| 炉心支持板 | 支持板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 102 (10.3) | 213 (21.8) | 0 | А |
| 制御棒案内管 | 中央部 | 膜応力 | 1以下 | 24 (2.4) | 145 (14.8) | 0 | А |
| 蒸気乾燥器 | 耐震用ブロック | せん断応力 | 1以下 | 30 (3.0) | 34 (3.5) | 0 | А |
| シュラウドヘッド | シュラウドヘッド | 膜応力 | 1以下 | 42 (4.2) | 94 (9.6) | 0 | А |
| 気水分離器及びスタンドパイプ | スタンドパイプ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 75 (7.6) | 130 (13.3) | 0 | А |
| 給水スパージャ | ティー | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 8 (0.8) | 138 (14.1) | 0 | А |
| 高圧及び低圧炉心スプレイスパージャ | ティー | 膜応力 | 1以下 | 8 (0.8) | 92 (9.4) | 0 | А |
| ジェットポンプ | ライザブレース | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 57 (5.8) | 172 (17.6) | 0 | А |
| 残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部) | リング | 膜応力 | 1以下 | 3 (0.3) | 142 (14.5) | 0 | А |
| 高圧及び低圧炉心スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部) | 配管 | 膜応力 | 1以下 | 8 (0.8) | 63 (6.5) | 0 | А |
| 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (原子炉圧力容器内部) | ほう酸水注入管 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 26 (2.6) | 116 (11.9) | 0 | А |
| 中性子束計測案内管 | 案内管 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 44 (4.4) | 138 (14.1) | 0 | А |
| 中間領域計測装置ドライチューブ | ドライチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 82 (8.3) | 213 (21.8) | 0 | А |
| 局部出力領域計測装置検出器集合体 | カバーチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 103 (10.5) | 141 (14.4) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(ドライウェル) | 基部 | 局部膜応力 +曲げ応力 | 1以下 | 38 (3.8) | 495 (50.5) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(サプレッションチェンバ) | 中央部 | 膜応力 | 1以下 | 77 (7.8) | 237 (24.2) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(胴板) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 171 (17.4) | 292 (29.8) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(N11ノズル) | ノズル下部鏡板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 188 (19.1) | 294 (30.0) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器支持スカート | スカート | 膜応力 | 1以下 | 43 (4.3) | 199 (20.3) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 84 (8.5) | 206 (21.1) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器スタビライザ | ブラケット | 組合せ応力 | 1以下 | 184 (18.7) | 202 (20.7) | 0 | А |
| 制御棒駆動機構ハウジング支持金具 | ボルト部 | 組合せ応力 | 1以下 | 276 (28.1) | 444 (45.3) | 0 | А |
| 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (ティーよりN11ノズルまでの外管) | 差圧検出管 | 膜応力 | 1以下 | 42 (4.2) | 113 (11.6) | 0 | А |

表4-1(2) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 応 | 応カ分類 応方分類 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 | |
|--------------------------|---------------|---------------------|------|------------------------|---------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 残留熱除去ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 350 (35.7) | 0 | В1 |
| 残留熱除去系熱交換器 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.60 | 136 (13.8) | 456 (46.5) | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁逃がし弁機能用 アキュムレータ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 23 (2.3) | 150 (15.3) | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 30 (3.0) | 150 (15.3) | 0 | В1 |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 22 (2.2) | 456 (46.5) | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系 蒸気駆動タービン | タービン 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 21 (2.1) | 443 (45.2) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 11 (1.1) | 350 (35.7) | 0 | B1 |
| 低圧炉心スプレイポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 (0.7) | 350 (35.7) | 0 | B1 |
| 水圧制御ユニット | 部材 | 組合せ応力 | 1以下 | 142 (14.4) | 190 (19.4) | 0 | B1 |
| ほう酸水注入ポンプ | ポンプ 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 (0.7) | 133 (13.6) | 0 | B1 |
| ほう酸水貯蔵タンク | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 21 (2.1) | 129 (13.2) | 0 | B1 |
| 非常用炉心冷却系制御盤(A) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 3 (0.3) | 176 (18.0) | 0 | B1 |
| 原子炉緊急停止系盤(A) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 8 (0.8) | 176 (18.0) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材再循環系(A)計装ラック | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 176 (18.0) | 0 | B1 |
| 燃料取替エリア排気モニタ | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 1 (0.1) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系排風機 | 排風機 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 16 (1.6) | 150 (15.3) | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系フィルタ装置 | 据付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 108 (11.0) | 341 (34.8) | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系乾燥装置 | 据付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 34 (3.4) | 341 (34.8) | 0 | B1 |
| 中央制御室送風機 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 28 (2.8) | 173 (17.7) | 0 | B1 |
| 中央制御室排風機 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 173 (17.7) | 0 | B1 |
| 中央制御室再循環送風機 | 原動機 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 173 (17.7) | 0 | B1 |
| 中央制御室再循環フィルタ装置 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 16 (1.6) | 173 (13.6) | 0 | B1 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 36 (3.6) | 341 (34.8) | 0 | B1 |
| 可燃性ガス濃度制御系 再結合装置ブロワ | ベース取付 溶接部 | せん断応力 | 1以下 | 13 (1.3) | 51 (5.3) | 0 | B1 |

表4-1(3) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|---|-----------------|-------|----------------------------|---------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm ²) | | |
| ディーゼル機関 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 33 (3.3) | 253 (25.8) | 0 | B1 |
| 空気貯槽 | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 91 (9.2) | 241 (24.6) | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク | スカート | 組合せ応力 | 1以下 | 13 (1.3) | 241 (24.6) | 0 | В1 |
| ディーゼル発電機 | 機関側軸受台 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 12 (1.2) | 116 (11.9) | 0 | B1 |
| ディーゼル機関(HPCS) | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 24 (2.4) | 194 (19.8) | 0 | B1 |
| 空気貯槽(HPCS) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 91 (9.2) | 241 (24.6) | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク(HPCS) | スカート | 組合せ応力 | 1以下 | 10 (1.0) | 241 (24.6) | 0 | B1 |
| ディーゼル発電機(HPCS) | 機関側軸受台 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 12 (1.2) | 116 (11.9) | 0 | B1 |
| 直流230V系蓄電池 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 直流115V系蓄電池(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 (0.7) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 直流230V系充電器 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 直流115V系充電器(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 (0.3) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 計装用無停電交流電源装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 135 (13.8) | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(88体ラック) | ラック 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 76 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(132体ラック) | ラック 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 46 | 153 | 0 | B1 |
| 制御棒・破損燃料貯蔵ラック | ラック 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 62 (6.3) | 153 (15.7) | 0 | B1 |
| 主蒸気系配管 (MS-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 190 (19.3) | 274 (28.0) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材再循環系配管 (PLR-PD-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 131 (13.3) | 274 (28.0) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 配管 | 一次応力 | _ | 67 (6.8) | 182 (18.6) | 0 | С |
| 残留熱除去系配管 (RHR-R-10) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 123 (12.5) | 208 (21.3) | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 147 (14.9) | 182 (18.6) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 93 (9.4) | 219 (22.4) | 0 | B1 |
| 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.89 | 192 (19.5) | 219 (22.4) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-10) | 配管 | 一次応力 | _ | 98 (9.9) | 228 (23.3) | 0 | с |
| ーーーー 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1.39 | 196 (19.9) | 228 (23.3) | 0 | B1 |

表4-1(4) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|---------------------------|------|------|----------------------------|-------------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm) | (N/mm) | | |
| 給水系配管 (FDW-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 77 (7.8) | 274 (28.0) | 0 | В1 |
| 制御棒駆動系配管 (CRD-R-6) | 配管 | 一次応力 | _ | 59 (6.0) | 158 (16.2) | 0 | с |
| ほう酸水注入系配管 (SLC-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 95 (9.6) | 112 (11.5) | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3) | 配管 | 一次応力 | 1.15 | 184 (18.7) | 214 (21.9) | 0 | В1 |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-R-3) | 配管 | 一次応力 | 1.08 | 118 (12.0) | 218 (22.3) | 0 | В1 |
| 不活性ガス系配管 (AC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 111 (11.3) | 201 (20.5) | 0 | В1 |
| 放射性ドレン移送系配管 (RD-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.34 | 182 (18.5) | 230 (23.5) | 0 | В2 |
| 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-5) | 配管 | 一次応力 | 1.37 | 90 (9.1) | 188 (19.2) | 0 | B1 |
| 制御棒の挿入性 | _ | _ | _ | 5.9(mm) ※1 | 19.6(mm) ** 1 | 0 | А |

(注1)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合、発生応力、許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

(注2) 工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

※1:確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で5.9mmであり、基準地震動S1による応答変位19.6mmを 下回ることより、設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

表4-2(1) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------------------|---------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm ²) | | |
| シュラウドサポート | レグ | 軸圧縮応力 | 1以下 | 156 (15.9) | 230 (23.5) | 0 | А |
| 上部格子板 | グリッドプレート | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 138 (14.0) | 343 (35.0) | 0 | А |
| 炉心支持板 | 支持板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 140 (14.2) | 343 (35.0) | 0 | А |
| 制御棒案内管 | 中央部 | 膜応力 | 1以下 | 28 (2.8) | 233 (23.8) | 0 | А |
| 蒸気乾燥器 | 耐震用ブロック | せん断応力 | 1以下 | 38 (3.8) | 46 (4.7) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(ドライウェル) | 円筒部 | 膜応力 | 1以下 | 21 (2.1) | 329 (33.6) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(サプレッションチェンバ) | エビ継部 | 局部膜応力 +曲げ応力 | 1以下 | 106 (10.8) | 387 (39.5) | 0 | A |
| 原子炉格納容器スタビライザ | フランジボルト | 引張応力 | 1以下 | 422 (43.0) | 457 (46.7) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(胴板) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 171 (17.4) | 326 (33.3) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(N11ノズル) | ノズル下部鏡板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 229 (23.3) | 501 (51.1) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器支持スカート | スカート | 膜応力 | 1以下 | 49 (4.9) | 279 (28.5) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 103 (10.5) | 237 (24.2) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器スタビライザ | ブラケット | 組合せ応力 | 1以下 | 204 (20.8) | 243 (24.8) | 0 | А |
| 制御棒駆動機構ハウジング支持金具 | ボルト部 | 組合せ応力 | 1以下 | 392 (39.9) | 444 (45.3) | 0 | А |
| 差圧検出・ほう酸水注入系配管 (ティーよりN11ノズルまでの外管) | 差圧検出管 | 膜応力 | 1以下 | 42 (4.2) | 228 (23.3) | 0 | А |
| 残留熱除去ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 350 (35.7) | 0 | B1 |
| 残留熱除去系熱交換器 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 112 (11.4) | 456 (46.5) | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁逃がし弁機能用 アキュムレータ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 23 (2.3) | 247 (25.2) | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 12 (1.2) | 350 (35.7) | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系 蒸気駆動タービン | タービン 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 15 (1.5) | 443 (45.2) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 (0.7) | 350 (35.7) | 0 | B1 |
| 水圧制御ユニット | 部材 | 組合せ応力 | 1以下 | 190 (19.3) | 247 (25.2) | 0 | B1 |
| 非常用炉心冷却系制御盤(A) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 3 (0.3) | 210 (21.5) | 0 | B1 |
| 原子炉緊急停止系盤(A) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 9 (0.9) | 210 (21.5) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材再循環系(A)計装ラック | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 210 (21.5) | 0 | B1 |

表4-2(2) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|----------------------------|-----------------|-------|----------------------------|---------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm ²) | | |
| ディーゼル機関 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 25 (2.5) | 291 (29.7) | 0 | B1 |
| 空気貯槽 | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 91 (9.2) | 262 (26.8) | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク | スカート | 組合せ応力 | 1以下 | 13 (1.3) | 276 (28.2) | 0 | B1 |
| ディーゼル発電機 | 機関側軸受台 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 (1.0) | 140 (14.3) | 0 | B1 |
| ディーゼル機関(HPCS) | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 20 (2.0) | 223 (22.8) | 0 | В1 |
| 空気貯槽(HPCS) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 91 (9.2) | 262 (26.8) | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク(HPCS) | スカート | 組合せ応力 | 1以下 | 10 (1.0) | 276 (28.2) | 0 | B1 |
| ディーゼル発電機(HPCS) | 機関側軸受台 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 (1.0) | 140 (14.3) | 0 | B1 |
| 直流230V系蓄電池 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 161 (16.5) | 0 | B1 |
| 直流115V系蓄電池(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 161 (16.5) | 0 | B1 |
| 直流230V系充電器 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 161 (16.5) | 0 | B1 |
| 直流115V系充電器(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 2 (0.2) | 161 (16.5) | 0 | B1 |
| 計装用無停電交流電源装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 (0.3) | 161 (16.5) | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(88体ラック) | ラック 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 98 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(132体ラック) | ラック 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 75 | 153 | 0 | B1 |
| 制御棒・破損燃料貯蔵ラック | ラック 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 70 (7.1) | 153 (15.7) | 0 | B1 |
| 主蒸気系配管 (MS-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 246 (25.0) | 366 (37.4) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材再循環系配管 (PLR-PD-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 151 (15.3) | 366 (37.4) | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.11 | 183 (18.6) | 362 (37.0) | 0 | B1 |
| 残留熱除去系配管 (RHR-R-10) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 160 (16.3) | 362 (37.0) | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 166 (16.9) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイ系配管 (HPCS-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 126 (12.8) | 363 (37.1) | 0 | B1 |
| 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 113 (11.5) | 366 (37.4) | 0 | B1 |
| | 配管 | 一次応力 | 1.36 | 259 (26.4) | 366 (37.4) | 0 | B1 |
| | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 168 (17.1) | 366 (37.4) | 0 | B1 |

表4-2(3) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:1号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|---------------------------|------|------|----------------------------|-------------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 給水系配管 (FDW-PD-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 75 (7.6) | 366 (37.4) | 0 | В1 |
| 制御棒駆動系配管 (CRD-R-6) | 配管 | 一次応力 | 1.86 | 200 (20.3) | 412 (42.1) | 0 | В1 |
| ほう酸水注入系配管 (SLC-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 105 (10.7) | 335 (34.2) | 0 | В1 |
| 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 77 (7.8) | 363 (37.1) | 0 | В1 |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-R-3) | 配管 | 一次応力 | 1.06 | 137 (13.9) | 363 (37.1) | 0 | В1 |
| 不活性ガス系配管 (AC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 129 (13.1) | 335 (34.2) | 0 | В1 |
| 放射性ドレン移送系配管 (RD-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 230 (23.4) | 366 (37.4) | 0 | В1 |
| 制御棒の挿入性 | _ | _ | - | 5.9(mm) ※1 | 28.5(mm) ※ 1 | 0 | А |

(注1)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については,参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

(注2) 工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

※1:確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で5.9mmであり、基準地震動S₂による応答変位28.5mmを 下回ることより、設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

表4-3(1) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器・配管:2号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|-------------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|---|--|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| シュラウドサポート | レグ | 膜応力 | 1以下 | 61 | 246 | 0 | А |
| 上部格子板 | グリッドプレート | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 51 | 213 | 0 | А |
| 炉心支持板 | 支持板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 76 | 213 | 0 | А |
| 制御棒案内管 | 長手中央部 | 膜応力 | 1以下 | 10 | 142 | 0 | А |
| 蒸気乾燥器 | 耐震用ブロック | 支圧応力 | 1以下 | 40 | 390 | 0 | А |
| シュラウドヘッド | 鏡板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 81 | 138 | 0 | А |
| 気水分離器及びスタンドパイプ | スタンドパイプ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 60 | 127 | 0 | А |
| 給水スパージャ | ヘッダ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 21 | 213 | 0 | А |
| 高圧炉心注水スパージャ | ヘッダ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 32 | 213 | 0 | А |
| 低圧注水スパージャ | ヘッダ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 17 | 213 | 0 | А |
| 高圧炉心注水系配管(原子炉圧力容器内 部) | パイプ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 17 | 213 | 0 | А |
| 中性子束計測案内管 | 案内管 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 4 | 138 | 0 | А |
| 起動領域モニタドライチューブ | パイプ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 143 | 268 | 0 | А |
| 局部出力領域モニタ検出器集合体 | カバーチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 132 | 168 | 0 | А |
| 原子炉格納容器(ドライウェル) | 上鏡 | 局部膜応力 +曲げ応力 | 1以下 | 15 | 344 | 0 | А |
| 原子炉格納容器 (下部ドライウェルアクセストンネル) | トンネル | 組合せ応力 度 | 1以下 | 165 ※1 (16.8) | 426 ※1 (43.5) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(配管貫通部) | フランジプレート 近傍コンクリート部 | 圧縮応力度 | 1以下 | 13.9 | 21.5 | 0 | А |
| 原子炉格納容器(電気配線貫通部) | フランジプレート | 曲げ応力 | 1以下 | 202 | 264 | 0 | А |
| ダイヤフラムフロア | ダイヤフラム フロア | 面外 せん断力 | 1以下 | 519 ※2 (529) | 944 ※2 (963) | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(胴板) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 177 | 303 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(下部鏡板) | 下部鏡板 | 膜応力 | 1以下 | 186 | 303 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(制御棒駆動機構ハウジン グ貫通孔) | スタブチューブ | 軸圧縮応力 | 1以下 | 77 | 99 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(N15ノズル) | 肉盛溶接部 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 168 | 282 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(スカート) | スカート | 座屈 | 1以下 | 運転時質量及び地震 による軸方向応力 許容圧縮応力 0.2 (約 | 曲げモーメントに よる軸方向応力 許容曲げ応力 新容曲げ応力 ※3 | 0 | A |

表4-3(2) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器・配管:2号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|-------------------------------|---------------|-------|----------------------------|------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm^2) | (N/mm ²) | | |
| 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 152 | 499 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器スタビライザ | ブラケット | 曲げ応力 | 1以下 | 101 | 172 | 0 | А |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ | スタッドボルト | 引張応力 | 1以下 | 173 | 300 | 0 | А |
| 原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシン グ | ケーシング | 軸圧縮応力 | 1以下 | 102 | 165 | 0 | А |
| 残留熱除去ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 | 350 | 0 | B1 |
| 残留熱除去系熱交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | 98 | 373 | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレー タ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 23 | 150 | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレー タ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 29 | 135 | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 37 | 455 | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系駆動蒸気タービン | タービン 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 24 | 443 | 0 | B1 |
| 高圧炉心注水ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 13 | 350 | 0 | B1 |
| 水圧制御ユニット | フレーム | 組合せ応力 | 1以下 | 51 | 234 | 0 | B1 |
| ほう酸水注入ポンプ | ポンプ 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 | 122 | 0 | B1 |
| ほう酸水貯蔵タンク | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 38 | 133 | 0 | B1 |
| 運転監視補助盤 2(系統表示盤) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 6 | 173 | 0 | B1 |
| ESF盤 区分 I | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 10 | 173 | 0 | B1 |
| 原子炉系(I)計装ラック | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 4 | 173 | 0 | B1 |
| SRNM前置増幅器盤DIV- I | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 9 | 173 | 0 | B1 |
| 燃料取替エリア排気モニタ | 検出器 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 2 | 180 | 0 | B1 |
| 原子炉棟・タービン建屋換気空調系原子炉 棟排気モニタ | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 1 | 139 | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系排風機 | 排風機 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 49 | 148 | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系フィルタ装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 105 | 341 | 0 | B1 |
| 非常用ガス処理系乾燥装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 35 | 341 | 0 | B1 |
| 中央制御室送風機 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 | 133 | 0 | B1 |
| 中央制御室排風機 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 2 | 133 | 0 | B1 |

表4-3(3) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器・配管:2号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|------------------------------|----------------------|-------|----------------------------|---------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 中央制御室再循環送風機 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 | 133 | 0 | B1 |
| 中央制御室再循環フィルタ装置 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 12 | 133 | 0 | B1 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 28 | 341 | 0 | B1 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | ベース取付 溶接部 | せん断応力 | 1以下 | 11 | 52 | 0 | B1 |
| ディーゼル機関 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 27 | 475 | 0 | B1 |
| 空気貯槽 | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 92 | 241 | 0 | В1 |
| 空気圧縮機 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 | 139 | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 8 | 121 | 0 | B1 |
| ディーゼル発電機 | 機関側軸受台下部 ベース取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 69 | 243 | 0 | B1 |
| 115V非常用蓄電池(A) (2個並び1段1列) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 7 | 173 | 0 | B1 |
| 115V非常用蓄電池(D) (14個並び1段2列) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 | 133 | 0 | B1 |
| 115V非常用充電器(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 | 133 | 0 | B1 |
| 115V非常用充電器(D) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 | 133 | 0 | В1 |
| 計装用無停電交流電源装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 | 133 | 0 | В1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(88体ラック) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.56 | 72 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(96体ラック) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.56 | 90 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(132体ラックB) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.09 | 52 | 153 | 0 | B1 |
| 制御棒・破損燃料貯蔵ラック | サポート部 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 72 | 153 | 0 | B1 |
| 主蒸気系配管 (MS-PW-21) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 115 | 150 | 0 | В1 |
| 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.02 | 78 | 182 | 0 | В1 |
| 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次応力 | 1.15 | 180 | 209 | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-4) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 125 | 182 | 0 | B1 |
| 高圧炉心注水系配管 (HPCF-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1.02 | 84 | 188 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-5) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 110 | 216 | 0 | В1 |
| 復水給水系配管 (FDW-T-1) | 配管 | 一次応力 | 1.15 | 151 | 182 | 0 | B1 |

表4-3(4) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:2号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ₄S) | 判定 | 備考 |
|---------------------------|------|------|----------------------------|-------------------|---------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3) | 配管 | 一次応力 | 1.34 | 78 | 214 | 0 | В1 |
| 放射性ドレン移送系配管 (RD-PD-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 81 | 150 | 0 | В1 |
| 制御棒駆動系配管 (CRD-R-1) | 配管 | 一次応力 | _ | 130 | 159 | 0 | с |
| ほう酸水注入系配管 (HPCF-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 117 | 188 | 0 | В1 |
| 燃料プール冷却浄化系配管 (FPC-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1.53 | 69 | 188 | 0 | В1 |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 43 | 211 | 0 | В1 |
| 不活性ガス系配管 (AC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.34 | 129 | 201 | 0 | В1 |
| 制御棒の挿入性 | - | - | _ | 7.8(mm) ※4 | 20.2(mm) ※ 4 | 0 | А |

(注)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については,参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

※1:工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

※2:工事計画認可申請記載値(単位:kg/cm)と比較するため、計算値(kg/cm)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

※3:座屈の評価のため単位なし。

※4:確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で7.8mmであり、基準地震動S1による応答変位20.2mmを 下回ることより、設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

表4-4(1) 耐震健全性確認結果

(原子炉建屋内機器·配管:2号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| シュラウドサポート | レグ | 軸圧縮応力 | 1以下 | 74 | 260 | 0 | А |
| 上部格子板 | グリッドプレート | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 75 | 342 | 0 | А |
| 炉心支持板 | 支持板 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 98 | 342 | 0 | А |
| 制御棒案内管 | 長手中央部 | 膜応力 | 1以下 | 13 | 228 | 0 | А |
| 蒸気乾燥器 | 耐震用ブロック | 支圧応力 | 1以下 | 52 | 520 | 0 | А |
| 原子炉格納容器(ドライウェル) | フランジプレート | 曲げ応力 | 1以下 | 103 | 317 | 0 | А |
| 原子炉格納容器 (下部ドライウェルアクセストンネル) | トンネル | 組合せ応力 度 | 1以下 | 191 ※1 (19.4) | 426 ※1 (43.5) | 0 | А |
| 原子炉格納容器(配管貫通部) | フランジプレート 近傍コンクリート部 | 圧縮応力度 | 1以下 | 14.5 | 27.5 | 0 | А |
| 原子炉格納容器(電気配線貫通部) | フランジプレート | 曲げ応力 | 1以下 | 234 | 317 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(胴板) | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 177 | 320 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(下部鏡板) | 下部鏡板 | 膜応力 | 1以下 | 186 | 320 | 0 | А |
| 原子炉圧カ容器(制御棒駆動機構ハウジン グ貫通孔) | スタブチューブ | 軸圧縮応力 | 1以下 | 84 | 124 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(N1ノズル) | ケーシング側 付け根R部 | 膜応力+ 曲げ応力 | 1以下 | 238 | 481 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器(スカート) | スカート | 座屈 | 1以下 | 運転時質量及び地震 による軸方向応力 許容圧縮応力 | 曲げモーメントに よる軸方向応力 許容曲げ応力 | 0 | А |
| | | | | 0.2 (隽 | 無次元) ※2 | | |
| 原子炉圧力容器基礎ボルト | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 179 | 499 | 0 | А |
| 原子炉圧力容器スタビライザ | ロッド | 引張応力 | 1以下 | 277 | 513 | 0 | А |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ | スタッドボルト | 引張応力 | 1以下 | 173 | 400 | 0 | А |
| 原子炉冷却材再循環ポンプモータケーシン グ | ケーシング | 軸圧縮応力 | 1以下 | 115 | 207 | 0 | А |
| 残留熱除去ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 7 | 350 | 0 | B1 |
| 残留熱除去系熱交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | 90 | 408 | 0 | B1 |
| 逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレー タ | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 23 | 248 | 0 | В1 |
| 原子炉隔離時冷却ポンプ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 30 | 455 | 0 | B1 |
| 原子炉隔離時冷却系駆動蒸気タービン | タービン 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 20 | 444 | 0 | B1 |
| 高圧炉心注水ポンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 | 350 | 0 | B1 |
| 水圧制御ユニット | フレーム | 組合せ応力 | 1以下 | 49 | 276 | 0 | B1 |

表4-4(2) 耐震健全性確認結果 (原子炉建屋内機器・配管:2号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ₄S) | 判定 | 備考 |
|------------------------------|-----------------------|-------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm ²) | (N/mm²) | | |
| 運転監視補助盤 2(系統表示盤) | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 7 | 206 | 0 | B1 |
| ESF盤 区分 I | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 12 | 206 | 0 | В1 |
| 原子炉系(I)計装ラック | 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 3 | 206 | 0 | В1 |
| ディーゼル機関 | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 30 | 475 | 0 | B1 |
| 空気貯槽 | 胴板 | 膜応力 | 1以下 | 92 | 262 | 0 | B1 |
| 空気圧縮機 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 | 158 | 0 | B1 |
| 燃料ディタンク | スカート | 座屈 | 1以下 | 運転時質量及び地震 による軸方向応力 許容圧縮応力 + | 曲げモーメントに よる軸方向応力 許容曲げ応力 | 0 | В1 |
| | 機問側軸妥ムて如 | | | 0.07 (\$ | | | |
| ディーゼル発電機 | 機関側軸受台 ト部 ベース取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 76 | 274 | 0 | B1 |
| 115V非常用蓄電池(A) (2個並び1段1列) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 | 158 | 0 | B1 |
| 115V非常用蓄電池(D) (14個並び1段2列) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 | 158 | 0 | B1 |
| 115V非常用充電器(A) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 3 | 158 | 0 | B1 |
| 115V非常用充電器(D) | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 2 | 158 | 0 | B1 |
| 計装用無停電交流電源装置 | 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 | 158 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(88体ラック) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.20 | 80 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(96体ラック) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1.20 | 92 | 153 | 0 | B1 |
| 使用済燃料貯蔵ラック(132体ラックA) | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 82 | 153 | 0 | В1 |
| 制御棒・破損燃料貯蔵ラック | サポート部 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 87 | 153 | 0 | B1 |
| 主蒸気系配管 (MS-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 220 | 375 | 0 | B1 |
| 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 122 | 365 | 0 | В1 |
| 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次応力 | 1.06 | 212 | 363 | 0 | В1 |
| 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-4) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 148 | 363 | 0 | B1 |
| 高圧炉心注水系配管 (HPCF-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 107 | 431 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-5) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 142 | 344 | 0 | В1 |
| 復水給水系配管 (FDW-T-1) | 配管 | 一次応力 | 1.06 | 162 | 363 | 0 | В1 |
| 放射性ドレン移送系配管 (RD-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 133 | 364 | 0 | В1 |
表4-4(3) 耐震健全性確認結果 (原子炉建屋内機器・配管:2号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|---------------------------|------|------|----------------------------|-------------------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 制御棒駆動系配管 (CRD-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 133 | 413 | 0 | В1 |
| ほう酸水注入系配管 (HPCF-PD-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 126 | 209 | 0 | B1 |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-R-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 51 | 363 | 0 | B1 |
| 不活性ガス系配管 (AC-R-2) | 配管 | 一次応力 | 1.02 | 112 | 335 | 0 | B1 |
| 制御棒の挿入性 | _ | - | - | 7.8(mm) ※3 | 29.7(mm)涨3 | 0 | А |

(注)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

※1:工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

※2:座屈の評価のため単位なし。

※3:確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で7.8mmであり、基準地震動S₂による応答変位29.7mmを 下回ることより、設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

表4-5 耐震健全性確認結果 (タービン建屋・海水熱交換器建屋内機器・配管:1号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₁ に対する 応答比 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(Ⅲ _A S) (N/mm ²) | 判定 | 備考 |
|--------------------------------------|---------------|-------|----------------------------|------------------------------|--|----|----|
| 原子炉補機冷却水系熱交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | 165 (16.8) | 371 (37.9) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 8 (0.8) | 133 (13.6) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 原動機台 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 17 (1.7) | 149 (15.2) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水系ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 475 (48.5) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱 交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | 99 (10.0) | 345 (35.2) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポン プ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 133 (13.6) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポ ンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 114 (11.7) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 475 (48.5) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 122 (12.4) | 233 (23.8) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW-T-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 86 (8.7) | 228 (23.3) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-H-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 168 (17.1) | 233 (23.8) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-H-7) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 156 (15.9) | 205 (21.0) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW-H-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 129 (13.1) | 228 (23.3) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系配管 (HPSW-H-5) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 156 (15.9) | 205 (21.0) | 0 | В1 |

(注1)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合、発生応力、許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

(注2) 工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

表4-6 耐震健全性確認結果 (タービン建屋・海水熱交換器建屋内機器・配管:1号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|--------------------------------------|---------------|-------|----------------------------|---------------|------------------------|----|----|
| | | | | (10) | (10/11111) | | |
| 原子炉補機冷却水系熱交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | (16.6) | 406 (41.5) | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 6 (0.6) | 158 (16.2) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 原動機台 取付ボルト | 引張応力 | 1以下 | 17 (1.7) | 178 (18.2) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水系ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 475 (48.5) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系熱 交換器 | 胴板 | 一次応力 | 1以下 | 99 (10.0) | 345 (35.2) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水ポン プ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 4 (0.4) | 158 (16.2) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水ポ ンプ | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 137 (14.0) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却海水系 ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 5 (0.5) | 475 (48.5) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 163 (16.6) | 345 (35.2) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW-T-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 102 (10.3) | 365 (37.3) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-H-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 203 (20.7) | 345 (35.2) | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-H-7) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 205 (20.9) | 329 (33.6) | 0 | В1 |
| 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系配管 (HPCW-H-2) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 172 (17.5) | 366 (37.4) | 0 | B1 |
| 高圧炉心スプレイティーセル補機冷却海水系配管 (HPSW-H-5) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 204 (20.8) | 329 (33.6) | 0 | В1 |

(注1)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

(注2)工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

表4-7 耐震健全性確認結果 (タービン建屋・海水熱交換器建屋内機器・配管:2号機S₁)

| 確認対象 | 評価部位 | 応カ分類 応答比 | | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
|----------------------------|--------------|-------------|---------|---------|------------------------|----|----|
| | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | | |
| 原子炉補機冷却水系熱交換器 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 58 | 121 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 8 | 122 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 | 118 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水系ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 4 | 475 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-7) | 配管 | 一次応力 | 1.08 | 138 | 233 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-H-1) | 配管 | 一次応力 | 1.09 | 105 | 233 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-H-15) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 130 | 241 | 0 | B1 |

(注)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

表4-8 耐震健全性確認結果 (タービン建屋・海水熱交換器建屋内機器・配管:2号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S ₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|----------------------------|--------------|---------|----------------------------|------|------------------------|----|----|
| | | (N/mm²) | (N/mm²) | | | | |
| 原子炉補機冷却水系熱交換器 | 基礎ボルト | せん断応力 | 1以下 | 72 | 146 | 0 | В1 |
| 原子炉補機冷却水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 10 | 146 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水ポンプ | 原動機 取付ボルト | せん断応力 | 1以下 | 12 | 118 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水系ストレーナ | 基礎ボルト | 引張応力 | 1以下 | 5 | 475 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-7) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 151 | 344 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-H-1) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 119 | 344 | 0 | B1 |
| 原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-H-13) | 配管 | 一次応力 | 1以下 | 174 | 354 | 0 | B1 |

(注)「応答比1以下」とは、今回の地震による加速度が設計時に考慮した加速度を下回っていることが確認できたもの。

この場合,発生応力,許容応力については、参考として工事計画認可申請記載値を記載した。

表4-9 耐震安全余裕確認結果 (タービン建屋内配管:1号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応カ分類 応答比 | | 発生応力 | 許容応力(IV _A S) | 判定 | 備考 |
|--------------------------|------|-------------|------|---------------|-------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm^2) | (N/mm^2) | | |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-3) | 配管 | 一次応力 | 1.62 | 184 (18.7) | 345 (35.2) | 0 | B1 |

(注) 工事計画認可申請記載値(単位:kg/mm²)と比較するため、計算値(kg/mm²)をSI単位に換算し、括弧内に旧単位を併記した。

表4-10 耐震安全余裕確認結果 (タービン建屋内配管:2号機S₂)

| 確認対象 | 評価部位 | 応力分類 | S₂ に対する 応答比 | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
|--------------------------|------|------|----------------|---------|------------------------|----|----|
| | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-T-1) | 配管 | 一次応力 | 1.71 | 170 | 344 | 0 | В1 |

補足説明-1

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の 耐震安全性確認について」に関する補足説明

- ・ 耐震安全性確認における原子炉建屋応答解析手法の考え方
- ・ 機器・配管の減衰の考え方

本資料は,平成19年5月18日 地震・津波WG(第2回)における 地震W2-1資料である。

| 目 次 |
|-----|
|-----|

I. はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1

Ⅱ. 耐震安全性確認における原子炉建屋応答解析手法の考え方 ・2

Ⅲ. 機器・配管の減衰の考え方 ・・・・・・・・・・・・・・ 7

I. はじめに

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(報告)」 (耐震・構造設計小委員会 第1回地震・津波WG資料 地震W1-5)には,志 賀原子力発電所の原子炉建屋で得られた地震観測記録を用いて地震応答解析を実施 し,建屋各部位の応答を算定したうえで原子炉建屋,機器・配管の耐震健全性の確 認を行い,その結果を記載している。

本資料では、2 号機原子炉建屋を例にとり建屋各部位の応答の算定に用いた地震 応答解析手法の考え方および機器・配管の減衰の考え方について述べる。

- Ⅱ. 耐震安全性確認における原子炉建屋応答解析手法の考え方
- 1. 入力地震波について

地震応答解析モデルへの入力地震波は,原子炉建屋の基礎版上で観測された地震 記録(NS 方向および EW 方向)を用いており,その加速度波形および加速度応答ス ペクトルを図1に示す。

- 2. 地震応答解析の概要について
 - 2.1 地震応答解析手法

地震応答解析は周波数領域で行っており,フーリエ変換を用いた周波数応答解 析手法を用いた。つまり,原子炉建屋の基礎版上における観測記録波のフーリエ 変換(フーリエスペクトルおよび位相スペクトル)と基礎版上端から建屋各部へ の伝達関数を基に建屋各部の応答を算定した。

2.2 解析モデル

地震応答解析に用いる解析モデルは、図2に示すように建屋を質点系とし地盤 を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとした。

建屋はせん断変形と曲げ変形をする多質点系としてモデル化し,原子炉建屋底 面下の地盤は水平ばねおよび回転ばねで置換した。なお,屋根の面内変形も考慮 した。

建屋の減衰は減衰定数(h)が周波数方向で一定の複素減衰とし、減衰定数は 鉄筋コンクリート部分で5%、鉄骨部分で2%とした。

地盤の水平および回転ばねは、(社)日本電気協会原子力発電所耐震設計技術指 針 JEAG4601-1991 追補版に示される方法(近似地盤ばね)により算定した。

2.3 解析手順

具体的な解析手順を以下に示す。

- (1)建屋-地盤連成系モデルの伝達関数の計算 建屋-地盤連成系モデルを用いて単位の正弦波地動に対する建屋基礎版上端および建屋各部の伝達関数を算定した。
- (2) 基礎版上端から建屋各部への伝達関数の計算 単位の地動に対する建屋各部の伝達関数を建屋基礎版上端の伝達関数で除 すことにより、基礎版上端に対する建屋各部の伝達関数を算定した。
- (3) 地震応答解析の実施建屋基礎版上端における観測記録波のフーリエ変換に(2) で求めた基礎版

上端に対する建屋各部の伝達関数を乗ずることにより,建屋各部の応答のフー リエ変換を求めた。さらに,建屋各部の応答のフーリエ変換をフーリエ逆変換 することにより,建屋各部の応答の時刻歴波形を求めた。

以上の解析フローを図3に示す。



図1 入力波の加速度波形および加速度応答スペクトル(志賀2号機の例)



図2 原子炉建屋の地震応答解析モデル(志賀2号機の例)



Ⅲ.機器・配管の減衰の考え方

1. 動的解析手法

機器・配管の耐震安全性確認は

- (1) モーダル解析による床応答スペクトル法
- (2) 時刻歷地震応答解析法

を用いて行った。

2. 解析における減衰の考え方

モーダル解析を行う機器・配管の評価にあたっては各機器の減衰定数に応じた床応 答スペクトルを用いた。その際使用する減衰定数は JEAG 4601 に定められたものを用 いた。表-1 に JEAG 4601 に記載されている減衰定数の例を示す。

これに対して、大型の機器である圧力容器は機器相互の相互作用を考慮するため、 建屋の地震応答解析から求まった圧力容器底部の応答時刻歴波を炉心応答解析モデル に入力し、Newmark 法による数値積分を用いた時刻歴解析を行い、地震応答を求めた。 (図4 大型機器の解析フロー)

その際,各部材毎の減衰定数は JEAG4601 に記載されたものを用いた。

例えば, 圧力容器は1%, 圧力容器の中にある燃料集合体は7%, 圧力容器下部に取り 付く制御棒駆動機構ハウジングは3.5%を用いた。

これらの減衰定数を用いて数値積分による応答解析を行う場合,レーリー減衰は用 いず,固有円振動数と,各部材の歪エネルギーに比例する減衰定数をもとにして減衰 マトリックスを作成し時刻歴解析を行った。

| 設備 | 減衰定数(%) |
|--------------|---------|
| 溶接構造物 | 1.0 |
| 配管 | 0.5~2.5 |
| 空調ダクト | 2.5 |
| ケーブルトレイ | 5.0 |
| 燃料集合体 | 7.0 |
| 制御棒駆動機構ハウジング | 3.5 |

表-1 JEAG 4601 に記載された減衰定数の例



図4 大型機器の解析フロー

補足説明-2

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の

耐震安全性確認について」に関する補足説明

・ 志賀原子力発電所1号機 原子炉建屋の最大応答せん断力について

本資料は,平成19年6月7日 構造WG(第3回)における 構造W3-3資料である。 I. 志賀原子力発電所1号機 原子炉建屋の最大応答せん断力について

一般的に,最大応答せん断力は,下階に行くに従って徐々に増加する。1号機原子炉 建屋においても層せん断力は,下階に行くに従って徐々に増加している。

ただし,各耐震要素の最大応答せん断力に着目した場合,下図に示すように下階の最 大応答せん断力が上階より小さい耐震要素がある。



図1 地震応答解析モデル 図2 最大応答せん断力(NS方向 基準地震動S₁)

これは、表1の最大応答せん断力の各耐震要素分担割合と、表2の各耐震要素のせん 断断面積の割合に示すように、同一階の各耐震要素のせん断断面積にほぼ比例して当該 階のせん断力を負担するため、IW-9 通りでは下階のせん断力が上階より小さくなってい るものである。

表1 最大応答せん断力(NS方向 基準地震動 S₁)

(単位:×10³kN)

(単位·m²)

| | EL | OW-10 | IW-9 | IW-2 | OW-1 | 層合計(SW除く) |
|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| せん断力 | EL11.3m | 121 (22) | 167 (31) | 127 (23) | 128 (24) | 543 (100) |
| (割合(%)) | EL 5.3m | 134 (24) | 166 (29) | 139 (24) | 132 (23) | 571 (100) |
| | EL-1.6m | 157 (25) | 150 (24) | 153 (25) | 159 (26) | 619 (100) |

表2 地震応答解析モデルのせん断断面積(NS方向)

| | | | | | | (±,) |
|---------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | EL | OW-10 | IW-9 | IW-2 | OW-1 | 層合計(SW除く) |
| み/ 断断五珪 | EL11.3m | 95 (21) | 144 (32) | 106 (24) | 103 (23) | 448 (100) |
| (割合(%)) | EL 5.3m | 116 (23) | 154 (30) | 124 (24) | 116 (23) | 510 (100) |
| | EL-1.6m | 134 (25) | 131 (25) | 131 (25) | 137 (25) | 533 (100) |

なお、IW-7 通りにおいては、当該原子炉の炉形式の特徴から、上階の耐震要素で負担 しているせん断力を下階に伝えるために、図3の破線で示すように隣接した耐震要素に せん断力を移行させるよう構造計画を行っており、図4に示すように EL11.3m および EL 5.3mの IW-7 通りの耐震壁のせん断断面積は、地震応答解析モデルの IW-9 通り耐震壁の せん断断面積に集約して考慮している。



図3 負担せん断力を移行させる耐震要素



図4 IW-9 通り耐震壁のせん断断面積に考慮している耐震壁

補足説明-3

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の

耐震安全性確認について」に関する補足説明

・ 観測波と周波数応答解析による機器・配管の応答について

本資料は、平成19年6月22日 構造WG(第4回)における 構造W4-2資料の一部を修正したものである。

| 目 | 次 |
|---|---|
|---|---|

| 1. | はじめ | に・ | •• | | ••• | | • | | • • | • • | | • • | • | | • • | | • | • | | •• | 1 |
|----|-------|-----|---------|-----|---------|------|---|------|-----|---------|---------|-----|---|------|-----|------|---|-------|------|-----|---|
| 2. | 確認対 | 象・ | ••• | ••• | ••• | | • | | ••• | • • | | | • | | • • | | | • | | ••• | 1 |
| 3. | 確認方法 | 法· | ••• | ••• | ••• | | • | | ••• | • • | | | • | | • • | | | • | | ••• | 1 |
| | (1)機器 | | | ••• | ••• | | • | | •• | • • | ••• | | • | | • | | • | • | | •• | 1 |
| | (2)配管 | | | ••• | ••• | | • | | •• | • • | ••• | | • | | • | | • | • | | •• | 1 |
| 4. | 確認結 | 果 · | | ••• | ••• | | • | | ••• | • • | | | • | | • • | | | • | | ••• | 2 |
| 5. | まとめ | | ••• | | ••• | | • | | | • • | | | | | | | | • | | | 2 |

1. はじめに

志賀原子力発電所では、平成19年3月25日に発生した能登半島地震に対 する志賀原子力発電所1,2号機の耐震安全性の検討を行い、「能登半島地震を 踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(報告)」としてとりま とめ、平成19年4月19日に原子力安全・保安院へ報告した。

4月19日の報告では,原子炉建屋の観測波が得られた階については観測波 を用いて,観測波のない階については原子炉建屋基礎版上の観測波を基に周 波数応答解析を用いて,機器・配管の耐震安全性確認を行っていた。

今回, 観測波の得られた階において, 原子炉建屋基礎版上の観測波を基に 周波数応答解析を用いて機器・配管の耐震安全性確認を行った。

2. 確認対象

原子炉建屋の観測波が得られた階(1号機:地上2階(EL+21.3m),2号機: 地上2階(EL+21.3m),地上4階(EL+32.5m))において,観測波による地震応 答値と基準地震動S₁を入力とする工事計画認可時の応答値との比(応答比) の大きな機器・配管を選定した。

3. 確認方法

(1)機器

次の応答比を求め、この応答比を工事計画認可時の応力に乗じることに より、機器に発生した応力を算定し、許容応力と比較し確認した。(以下「確 認手法B」)

> 機器の固有周期範囲内において,観測波又は周波数応答解析に よる機器・配管設置床での床応答スペクトルと基準地震動S₁を 入力とする工事計画認可時の床応答スペクトルの最大比(以下 「B1法」)

(2)配管

工事計画認可時の応力計算手法を用いて配管に発生した応力を算定し, 許容応力と比較し確認した。(以下「確認手法C」) 4. 確認結果

今回確認した周波数応答解析によって得られた結果を,前回確認した観測 波によって得られた結果と並べて,志賀1号機の確認結果を表1-1に,志賀 2号機の確認結果を表1-2に示す。

なお,確認に使用した手法(前述の確認手法B,C)を表 1-1,表 1-2の 備考欄に示す。

表 1-1,表 1-2 に示すとおり、観測波のある階において、観測波によって 得られた確認結果と周波数応答解析によって得られた確認結果は、いずれも 基準地震動 S₁に対する許容応力値以下であった。

機器については、B1法同士で比較を行ったところ、観測波による応答加 速度ではS₁に対する応答比は1を超えていたが、周波数応答解析による応 答加速度では応答比は1以下となった。

配管については、C法同士で比較を行ったところ、観測波による確認結果、 周波数応答による確認結果ともにほぼ同様な結果であった。

5. まとめ

志賀原子力発電所1,2号機原子炉建屋内の観測波の得られた階において, 原子炉建屋基礎版上の観測波を基に周波数応答解析を用いて機器・配管の耐 震安全性確認を行った。

周波数応答解析によって得られた確認結果は,観測波によって得られた確認結果と同様,いずれも許容値を満足している。

2

表1-1 耐震健全性確認結果(1号機)

| | | | | 設置場所 | | 今回(| の地震 | | |
|-------------|------------|-----------|----------|------------------|----------------|---------------|------------------------|----|----|
| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
| | | | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 残留熱除去系熱交換器 | 基礎 ボルト | 引張 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.132 | 136 (13.8) | 456 (46.5) | 0 | B1 |
| 周波数 応答解析 | 残留熱除去系熱交換器 | 基礎 ボルト | 引張 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.132 | 85 (8.6) | 456 (46.5) | 0 | B1 |

(床応答スペクトルは、図1-1、図1-2、図1-3、図1-4)

| | | | | | | 今回(| | | |
|-------------|--------------------------|----------|----------|------------------|----------------|-------------|----------------------------|---|----|
| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 | ±応力 許容応力(Ⅲ _A S) | | 備考 |
| | | | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.180 | 67 (6.8) | 182 (18.6) | 0 | с |
| 周波数 応答解析 | 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.180 | 67 (6.8) | 182 (18.6) | 0 | с |

(床応答スペクトルは、図2-1、図2-2、図2-3、図2-4)

| 種類 | | | | | | 今回(| | | |
|-------------|---------------------------|----------|----------|------------------|----------------|-------------|------------------------|----|----|
| | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
| | | | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.183 | 59 (6.0) | 219 (22.4) | 0 | С |
| 周波数 応答解析 | 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.183 | 58 (5.9) | 219 (22.4) | 0 | С |

(床応答スペクトルは、図3-1、図3-2、図3-3、図3-4)

 (注) 確認において、MKS単位(kg/mm²)で計算を実施したものは、括弧内にMKS単位(kg/mm²)の値を記載し、 SI単位と併記している。

表1-2 耐震健全性確認結果(2号機)

| | | | | | | 今回(| の地震 | | |
|-------------|--|-----------|----------|------------------|----------------|----------------------|------------------------|----|----|
| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
| | | | | | | (N/mm ²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 使用済燃料貯蔵ラック (96体ラック) (評価部位 : 基礎ボルト) | 基礎 ボルト | 引張 応力 | EL32.5 (地上4階) | 0.074 | 90 | 153 | 0 | B1 |
| 周波数 応答解析 | 使用済燃料貯蔵ラック (96体ラック) (評価部位:基礎ボルト) | 基礎 ボルト | 引張 応力 | EL32.5 (地上4階) | 0.074 | 58 | 153 | 0 | B1 |

(床応答スペクトルは,図4-1,図4-2)

(注)使用済燃料貯蔵ラックは、EW方向の応答が厳しいため、EW方向で評価

| | | | | 設置場所 | | 今回(| の地震 | | |
|-------------|-----------------------|----------|----------|------------------|----------------|---------|------------------------|----|----|
| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | | 一次固有 周期 (s) | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
| | | | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.174 | 70 | 209 | 0 | С |
| 周波数 応答解析 | 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 配管 | 一次 応力 | EL21.3 (地上2階) | 0.174 | 80 | 209 | 0 | С |

(床応答スペクトルは,図5-1,図5-2,図5-3,図5-4)

| | | | | | | 今回(| | | |
|-------------|--------------------------|----------|----------|------------------|---------------|---------|------------------------|----|----|
| 種類 | 確認対象 | 評価 部位 | 応力 分類 | 設置場所 | 一次固有 周期(s) | 発生応力 | 許容応力(Ⅲ _A S) | 判定 | 備考 |
| | | | | | | (N/mm²) | (N/mm²) | | |
| 観測波 | 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3) | 配管 | 一次 応力 | EL32.5 (地上4階) | 0.169 | 32 | 214 | 0 | С |
| 周波数 応答解析 | 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3) | 配管 | 一次 応力 | EL32.5 (地上4階) | 0.169 | 37 | 214 | 0 | С |

(床応答スペクトルは、図6-1、図6-2、図6-3、図6-4)



図 1-1 1号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 1.0% (残留熱除去系熱交換器評価用)



図 1-2 1 号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 1.0% (残留熱除去系熱交換器評価用)



図 1-3 1 号機 原子炉建屋 EL. 21. 3m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 1.0% (残留熱除去系熱交換器評価用)



図 1-4 1 号機 原子炉建屋 EL.21.3m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 1.0% (残留熱除去系熱交換器評価用)



図 2-1 1号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.5% (原子炉冷却材浄化系配管[CUW-R-2]評価用)



図 2-2 1 号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.5% (原子炉冷却材浄化系配管[CUW-R-2]評価用)



図 2-3 1 号機 原子炉建屋 EL. 21. 3m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.5% (原子炉冷却材浄化系配管[CUW-R-2]評価用)



図 2-4 1 号機 原子炉建屋 EL.21.3m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.5% (原子炉冷却材浄化系配管[CUW-R-2]評価用)



図 3-1 1号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.0% (低圧炉心スプレイ系配管[LPCS-R-2]評価用)



図 3-2 1 号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.0% (低圧炉心スプレイ系配管[LPCS-R-2]評価用)



図 3-3 1 号機 原子炉建屋 EL. 21. 3m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.0% (低圧炉心スプレイ系配管[LPCS-R-2]評価用)



図 3-4 1号機 原子炉建屋 EL.21.3m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.0% (低圧炉心スプレイ系配管[LPCS-R-2]評価用)



図 4-1 2 号機 原子炉建屋 EL. 32.5m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 1.0% (使用済燃料貯蔵燃料ラック評価用)



図 4-2 2 号機 原子炉建屋 EL.32.5m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 1.0% (使用済燃料貯蔵燃料ラック評価用)



図 5-1 2 号機 原子炉建屋 EL. 21. 3m NS 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.5% (残留熱除去系配管[RHR-R-5]評価用)



図 5-2 2 号機 原子炉建屋 EL.21.3m NS 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.5% (残留熱除去系配管[RHR-R-5]評価用)



図 5-3 2 号機 原子炉建屋 EL.21.3m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.5% (残留熱除去系配管[RHR-R-5]評価用)



図 5-4 2 号機 原子炉建屋 EL.21.3m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.5% (残留熱除去系配管[RHR-R-5]評価用)



図 6-1 2 号機 原子炉建屋 EL. 32.5m NS 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.0% (非常用ガス処理系配管[SGTS-R-3]評価用)



図 6-2 2 号機 原子炉建屋 EL. 32.5m NS 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.0% (非常用ガス処理系配管[SGTS-R-3]評価用)


図 6-3 2 号機 原子炉建屋 EL. 32.5m EW 方向 観測波及び建設時 S1 減衰 2.0% (非常用ガス処理系配管[SGTS-R-3]評価用)



図 6-4 2 号機 原子炉建屋 EL.32.5m EW 方向 周波数応答解析結果及び建設時 S1 減衰 2.0% (非常用ガス処理系配管[SGTS-R-3]評価用)

補足説明-4

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の

耐震安全性確認について」に関する補足説明

・原子炉建屋および同建屋内機器・配管の耐震安全余裕の確認結果について

・海水熱交換器建屋のせん断力係数(Ci)の算定について

本資料は、平成19年6月22日 構造WG(第4回)における 構造W4-3資料の誤記を含め一部を修正したものである。

目 次

- Ⅱ. 海水熱交換器建屋のせん断力係数(Ci)の算定について ・・・・・20

- I. 原子炉建屋および同建屋内機器・配管の耐震安全余裕の確認 結果について
 - 1. はじめに

「能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について (追加報告)」(平成19年6月1日報告)においては,長周期側の主要施 設の耐震安全余裕を確認した。今回は,念のため,この検討に用いた地震 動が基準地震動S₂を上回る周期帯に固有周期を持つ原子炉建屋および同 建屋内に設置されている安全上重要な機器・配管について,耐震安全余裕 を有していることを確認した。

耐震安全余裕の確認フローを図1.1に示す。



図 1.1 耐震安全余裕の確認フロー

2. 検討に用いた地震動

検討に用いた地震動の加速度応答スペクトルおよび模擬地震波の加速度 波形を図 2.1 に示す。



図 2.1 検討に用いた地震動の加速度応答スペクトルおよび模擬地震波の 加速度波形

- 3. 原子炉建屋の耐震安全余裕の確認結果
 - 3.1 原子炉建屋の耐震安全余裕の確認方法
 - (1) 原子炉建屋の地震応答解析は,解析モデルを耐震壁の非線形性を 考慮したスウェイーロッキングモデルとし,解放基盤表面位置の検 討に用いた地震動から敷地の地盤状況を考慮した一次元波動論およ び有限要素モデルで評価した地盤応答を入力して行う。

地震応答解析の概要を2号機を例に、図3.1.1に示す。

(2) 地震応答解析により求まる原子炉建屋の耐震壁のせん断変形角が, 終局状態に対する許容限界値(2.0×10⁻³ rad)^{*1} を下回っているこ とを確認する。

※1 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 日本電気協会

3.2 原子炉建屋の耐震安全余裕の確認

地震応答解析により求まった原子炉建屋の耐震壁のせん断変形角をせん断スケルトン曲線上にプロットし、図 3.2.1 および図 3.2.2 に示す。

これによれば、原子炉建屋の耐震壁のせん断変形角は、終局状態に対 する許容限界値(2.0×10⁻³ rad)を下回っていることから、原子炉建 屋について耐震安全余裕を有していることを確認した。

なお,地震応答解析による原子炉建屋の接地率は,1 号機がNS方向 80.8%, EW方向 77.0%,2 号機がNS方向 88.2%, EW方向 75.1% となっている。

地盤定数



図 3.1.1 検討に用いた地震動による地震応答解析の概要(2号機原子炉建屋の例)

CT





図 3.2.1(2) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(1号機 原子炉建屋・NS方向(2))

-7



図 3.2.1 (3) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(1号機 原子炉建屋・EW方向(1))

 ∞





図 3.2.1(4) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(1号機 原子炉建屋・EW方向(2))

9



図 3.2.2(1) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(2号機 原子炉建屋・NS方向(1))

OW-8





 \square





図 3.2.2 (3) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(2号機 原子炉建屋・EW方向(1))

12



図 3.2.2(4) せん断スケルトン曲線上の最大応答値(2号機 原子炉建屋・EW方向(2))

 $\frac{1}{3}$

IW-G RCCV IW-C

- 4. 原子炉建屋内の安全上重要な機器・配管の耐震安全余裕の確認結果
 - 4.1 耐震安全余裕の確認対象の機器・配管

検討に用いた地震動は周期 0.17 秒より長周期側で基準地震動 S₂を上回ることから,原子炉建屋内に設置された安全上重要な機器・配管(As クラス)のうち,一次固有周期が 0.17 秒よりも長周期側にある機器・配管を対象に,耐震安全余裕の確認を実施した。

なお,原子炉建屋内に設置された安全上重要な機器・配管(Aクラス) のうち,一次固有周期が 0.17 秒よりも長周期側にある機器・配管につい ても,念のため耐震安全余裕の確認を実施した。

4.2 機器・配管の耐震安全余裕の確認方法

(1) 大型機器

地盤-建屋系との連成モデルで地震応答解析を実施する大型機器(原 子炉格納容器,原子炉圧力容器,炉内構造物)について,検討に用いた 地震動を用いた地震応答解析による応答値と基準地震動S₂を入力とす る工事計画認可時の応答値との比(応答比)を求め,この応答比を工事 計画認可時の応力に乗じることにより機器に発生する応力を算定し,許 容応力と比較し確認した。(以下「確認手法A」)

なお,耐震Aクラスについては,基準地震動S1に読み替える。

(2) その他機器・配管

原子炉格納容器,原子炉圧力容器,炉内構造物以外の機器・配管については,以下の何れかの応答比を求め,この応答比を工事計画認可時の応力に乗じることにより,機器・配管に発生する応力を算定し,許容応力と比較し確認した。(以下「確認手法B」)

 機器・配管の固有周期範囲内において、検討に用いた地震動を 用いた地震応答解析による機器・配管設置階での床応答スペク トルと基準地震動S₂を入力とする工事計画認可時の床応答スペ クトルの最大比(以下「確認手法B1」)

なお,耐震Aクラスについては,基準地震動S1に読み替える。

上記の応答比による確認結果が厳しいものは,工事計画認可時の応力計 算手法等を用い機器・配管に発生する応力を算定し,許容応力と比較し確 認した。(以下「確認手法C」)

以上の確認の流れを図 4.2.1 に示す。



図 4.2.1 機器・配管の耐震安全余裕に係る確認の流れ

4.3 機器・配管の耐震安全余裕の確認結果

前述の確認方法に基づき,検討に用いた地震動に対する 1 号機の機器・ 配管の耐震安全余裕確認結果を表 4.3.1 に,2 号機の機器・配管の耐震安 全余裕確認結果を表 4.3.2 に示す。

なお,確認に使用した手法(前述の確認手法A,B,C)を表 4.3.1,表 4.3.2の備考欄に示す。

これによれば,機器・配管に発生する応力は基準地震動S₂に対する許容 応力値以下であり,これら機器・配管は耐震安全余裕を有していることを 確認した。

表4.3.1 耐震安全余裕確認結果(1号機)

| | 確認対象 | | 評価部位 | 応力分類 | 検討に用いた地震動 | | | | |
|-----------|---|--------------------------|----------|--------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|----|----|
| 耐震 クラス | | | | | | 発生応力 許容応力(Ⅳ _A S) | | 判定 | 備老 |
| | 機器·配管名称 | 一次固有周期 (s) | 81 MU UV | パレノコノ] 大貝 | S ₂ に対する 応答比 | (N/mm²) | (N/mm²) | | 順つ |
| | 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-1) | 0.283 | 配管 | 一次応力 | 2.90 | 331 (33.7) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| | 原子炉冷却材浄化系配管 (CUW-R-2) | 0.180 | 配管 | 一次応力 | 1.72 | 283 (28.8) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| | 残留熱除去系配管 (RHR-R-2) | 0.185 | 配管 | 一次応力 | 2.47 | 316 (32.2) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| | 残留熱除去系配管 (RHR-R-8) | 0.175 | 配管 | 一次応力 | 1.84 | 260 (26.5) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| | 残留熱除去系配管 (RHR-R-10) | 0.188 | 配管 | 一次応力 | _ | 139 (14.1) | 362 (37.0) | 0 | с |
| | 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-2) | 0.190 | 配管 | 一次応力 | _ | 156 (15.9) | 362 (37.0) | 0 | с |
| | 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-3) | 0.174 | 配管 | 一次応力 | 1.72 | 225 (22.9) | 362 (37.0) | 0 | В1 |
| | 低圧炉心スプレイ系配管 (LPCS-R-2) | 0.183 | 配管 | 一次応力 | 1.84 | 102 (10.4) | 363 (37.1) | 0 | В1 |
| As | 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-1) | 0.174 | 配管 | 一次応力 | 1.59 | 251 (25.5) | 366 (37.4) | 0 | В1 |
| | 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-9) | 0.174 | 配管 | 一次応力 | 1.84 | 324 (33.0) | 366 (37.4) | 0 | В1 |
| | 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-10) | 0.180 | 配管 | 一次応力 | 1.84 | 351 (35.7) | 366 (37.4) | 0 | В1 |
| | 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 配管 (HPCW-R-1) | 0.174 | 配管 | 一次応力 | _ | 153 (15.5) | 366 (37.4) | 0 | С |
| | 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 配管 (HPCW-R-3) | 0.219 | 配管 | 一次応力 | _ | 154 (15.7) | 366 (37.4) | 0 | с |
| | 高圧炉心スプレイディーゼル補機冷却水系 配管 (HPCW-R-4) | 0.216 | 配管 | 一次応力 | _ | 163 (16.6) | 366 (37.4) | 0 | с |
| | 可燃性ガス濃度制御系配管 (FCS-R-4) | 0.175 | 配管 | 一次応力 | 2.37 | 54 (5.5) | 363 (37.1) | 0 | В1 |
| | 不活性ガス系配管 (AC-R-1) | 0.180 | 配管 | 一次応力 | 2.47 | 302 (30.7) | 335 (34.2) | 0 | В1 |
| | 制御棒の挿入性 | NS方向:0.198 EW方向:0.199 | _ | _ | | ※1 26.9(mm) | ₩1 40(mm) | 0 | А |
| A | ーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー | 0.298 | ドライチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | _{1.70} | 139 (14.1) | 347 (35.3) | 0 | А |
| | 局部出力領域計測装置検出器集合体 | 0.306 | カバーチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1.50 ※2 | 155 (15.8) | 228 (23.4) | 0 | А |
| | 非常用ガス処理系配管 (SGTS-R-3) | 0.171 | 配管 | 一次応力 | _ | 163 (16.6) | 362 (37.0) | 0 | С |

(注) 確認において、MKS単位(kg/mm²)で計算を実施したものは、括弧内にMKS単位(kg/mm²)の値を記載し、SI単位と併記している。

(※1)確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で26.9mmであり, 地震時制御棒挿入性試験より 設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

ここで、地震時制御棒挿入性試験とは以下を指す。

(1)「沸騰水型原子力発電所 新型制御棒の概要(改良炉心)」

(株式会社日立製作所 HLR-035 訂2 平成11年8月)

(2)「平成17年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その2(BWR制御棒挿入性)に係る報告書」 (独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成18年9月)

(※2) 耐震Aクラスのため、S₁に対する応答比を記載

表4.3.2 耐震安全余裕確認結果(2号機)

| | 確認対象 | | 評価部位 | 応力分類 | 検討に用いた地震動 | | | | |
|-----------|---------------------------|--------------------------|---------|--------------|------------|----------------------|------------------------|----|----|
| 耐震 クラス | | | | | ら、に対する | 発生応力 | 許容応力(Ⅳ _A S) | 判定 | 備考 |
| | 機器·配管名称 | 一次固有周期 (s) | | | 応答比 | (N/mm ²) | (N/mm ²) | | |
| As | 残留熱除去系配管 (RHR-R-4) | 0.194 | 配管 | 一次応力 | 1.43 | 169 | 363 | 0 | В1 |
| | 残留熱除去系配管 (RHR-R-5) | 0.174 | 配管 | 一次応力 | 1.69 | 338 | 363 | 0 | В1 |
| | 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-1) | 0.183 | 配管 | 一次応力 | 1.69 | 173 | 363 | 0 | В1 |
| | 原子炉隔離時冷却系配管 (RCIC-R-4) | 0.189 | 配管 | 一次応力 | 2.04 | 302 | 363 | 0 | В1 |
| | 高圧炉心注水系配管 (HPCF-R-1) | 0.185 | 配管 | 一次応力 | 1.46 | 157 | 431 | 0 | В1 |
| | 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-3) | 0.173 | 配管 | 一次応力 | 1.46 | 155 | 366 | 0 | В1 |
| | 原子炉補機冷却水系配管 (RCW-R-8) | 0.191 | 配管 | 一次応力 | ×1 2.22 | 278 | 366 | 0 | В1 |
| | 制御棒の挿入性 | NS方向:0.206 EW方向:0.206 | _ | _ | _ | ₩1 40.5(mm) | ₩1 43(mm) | 0 | А |
| A | 起動領域モニタドライチューブ | 0.321 | パイプ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1.39 ※2 | 199 | 428 | 0 | А |
| | 局部出力領域モニタ検出器集合体 | 0.317 | カバーチューブ | 膜応力+ 曲げ応力 | 1.42 ※2 | 187 | 254 | 0 | А |

(※1)確認対象の地震動による地震応答解析結果によると地震時の燃料集合体の応答変位は最大で40.5mmであり、地震時制御棒挿入性試験より 設計時間内に制御棒が挿入できることを確認している。

ここで, 地震時制御棒挿入性試験とは以下を指す。

(1)「沸騰水型原子力発電所 ハフニウム型制御棒について(改良型BWR炉心用)」

(株式会社日立製作所 HLR-047 訂2 平成18年12月)

(2)「平成17年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 機器耐力その2(BWR制御棒挿入性)に係る報告書」 (独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成18年9月)

(※2)耐震Aクラスのため,S₁に対する応答比を記載

5. まとめ

今回は、念のため、検討に用いた地震動が基準地震動S₂を上回る周期帯 に固有周期を持つ原子炉建屋および同建屋内に設置されている安全上重要な 機器・配管について、耐震安全余裕を有していることの確認を実施した。

その結果,原子炉建屋については,耐震壁のせん断変形角が終局状態に対 する許容限界値を下回っていること,また機器・配管については,発生する 応力が各々の機器・配管に要求される許容値以下であることから,各施設に ついて耐震安全余裕を有していることを確認した。 海水熱交換器建屋の Ci の算定にあたっては,耐震設計審査指針の静的地震 力算定における解説の記載に基づく詳細法を用いており,基礎版上端を基準面 として算定している。具体的には,固有値解析から求まる固有振動モードを用 い,下記計算式により求めている。同建屋の振動性状(固有モード等)はNS 方向とEW方向で異なるため,Ai 値および Ci 値もNS方向とEW方向で異な る値となる。

$$Ci = Rt \cdot Ai \cdot Co$$

$$Ai = Ai'/A_{1}'$$

$$Ai' = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} {\binom{n}{\sum w_{m} \bullet \beta_{j} \bullet U_{mj} \bullet R_{t}(T_{j})}^{2}}} / \sum_{m=i}^{n}$$

Rt: 振動特性係数

Ai:層せん断力係数の高さ方向の分布係数

Co:標準せん断力係数(Co=0.2とする)

Ai:固有振動モードに基づく第i層の層せん断力係数

A':固有振動モードに基づく基準レベルの層せん断力係数

n:建築物の層数

w_m:第m層の重量

 β_j : j次の刺激係数

 U_{mi} :第m層のj次固有モード

T_i:固有値解析により得られる建築物のj次固有周期

 $R_t(T_i): 周期T_iに対するR_i値$

k:考慮する次数の総数

1号機 海水熱交換器建屋

| 床レベル | Ai | | 1. (| DCi | 3.6Ci (加速度換算值:Gal) | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|--|
| (m) | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 | |
| EL+16.8 | 1.985 | 2.057 | 0.318 | 0.329 | 1123 | 1161 | |
| EL+11.3 | 1.270 | 1.356 | 0.203 | 0.217 | 717 | 766 | |
| EL +3.3 | 1.000 | 1.000 | 0.160 | 0.160 | 565 | 565 | |

2号機 海水熱交換器建屋

| 床レベル | А | i | 1. (| DCi | 3.6Ci (加速度換算值:Gal) | | |
|---------|-------|--------|-------|-------|-----------------------|-------|--|
| (m) | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 | NS 方向 | EW 方向 | |
| EL+24.9 | 3.452 | 3. 788 | 0.55 | 0.61 | 1942 | 2154 | |
| EL+16.8 | 2.365 | 2.492 | 0.38 | 0.40 | 1342 | 1412 | |
| EL+11.3 | 1.348 | 1.389 | 0.22 | 0.22 | 777 | 777 | |
| EL +2.2 | 1.000 | 1.000 | 0.16 | 0.16 | 565 | 565 | |