

| | |
|-------------------|---------------|
| 島根原子力発電所第2号機 審査資料 | |
| 資料番号 | NS2-添5-016改01 |
| 提出年月日 | 2023年5月31日 |

VI-5-16 計算機プログラム（解析コード）の概要
・ A B A Q U S

2023年5月

中国電力株式会社

目 次

| | |
|------------------------------|---|
| 1. はじめに | 1 |
| 1.1 使用状況一覧 | 2 |
| 2. 解析コードの概要 | 3 |
| 2.1 ABAQUS Ver. 6.4-4 | 3 |
| 2.2 ABAQUS Ver. 6.11-1 | 4 |
| 2.3 ABAQUS Ver. 6.11-2 | 5 |
| 2.4 ABAQUS Ver. 6.14-1 | 6 |
| 2.5 ABAQUS Ver. 6.14-3 | 7 |

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）ABAQUS について説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

| | 使用添付書類 | バージョン |
|-----------------|--|--------------|
| VI-2-3-3-2-4 | ジェットポンプ計測配管貫通部シールの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 4-4 |
| VI-2-3-3-3-4 | シュラウドヘッドの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 4-4 |
| VI-1-8-1 | 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-10-1-2-1-4 | 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-10-1-2-1-7 | 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-10-1-2-2-4 | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-10-1-2-2-6 | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-11-2-7-1 | 原子炉建物天井クレーンの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-11-2-7-7 | 原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-別添3-4-1 | 逃がし安全弁用窒素ガスボンベラックの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-別添3-4-2 | 中央制御室待避室正圧化装置 空気ボンベラックの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-2-別添3-4-3 | 緊急時対策所換気空調系空気ボンベ加圧設備 空気ボンベカードルの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 11-1 |
| VI-1-8-1 | 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書 | Ver. 6. 11-2 |
| VI-2-11-2-7-2 | 燃料取替機の耐震性についての計算書 | Ver. 6. 14-1 |
| VI-2-11-2-7-14 | 取水槽ガントリクレーンの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 14-1 |
| VI-2-2-6 | 制御室建物の耐震性についての計算書 | Ver. 6. 14-3 |
| VI-2-2-8 | タービン建物の耐震性についての計算書 | Ver. 6. 14-3 |
| VI-2-9-3-4 | 原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書 | Ver. 6. 14-3 |

2. 解析コードの概要

2.1 ABAQUS Ver. 6.4-4

| | |
|---|---|
| 項目 \ コード名 | ABAQUS |
| 使用目的 | 3次元有限要素法（ソリッド要素）による応力解析 |
| 開発機関 | Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc |
| 開発時期 | 1978年 |
| 使用したバージョン | Ver. 6.4-4 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは、米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS社) で開発された有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p> |
| 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) | <p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回使用する適用要素（ソリッド要素）について、解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは、既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（ソリッド要素）による応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。 |

2.2 ABAQUS Ver. 6.11-1

| 項目 | コード名 |
|---|---|
| | ABAQUS |
| 使用目的 | 2次元有限要素法（軸対称モデル）による温度分布計算 3次元有限要素法（シェル要素，はり要素）による固有値解析及び応力解析 |
| 開発機関 | ダッソー・システムズ株式会社 |
| 開発時期 | 1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社） |
| 使用したバージョン | Ver. 6.11-1 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは，米国 Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS 社) で開発され，ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機コードである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素，連続体要素について取り扱うことが可能であり，静的応力解析，動的応力解析，熱応力解析，伝熱解析，座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり，境界条件として，熱流束，温度，集中荷重，分布荷重，加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木などの様々な分野で利用されている実績を持つ。</p> |
| 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) | <p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回使用する適用要素（ソリッド要素，シェル要素及びはり要素）について，本解析コードを用いた解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは，数多くの研究機関や企業において，様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは，航空宇宙，自動車，造船，機械，建築，土木などの様々な分野における使用実績を有しており，妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは，既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより，今回の工事計画認可申請で使用する2次元有限要素法（軸対称モデル）による温度分布解析及び3次元有限要素法（シェル要素及びはり要素）による固有値解析及び応力解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 |

2.3 ABAQUS Ver. 6.11-2

| | |
|---|--|
| 項目 | コード名 ABAQUS |
| 使用目的 | 3次元有限要素法（ソリッド要素及びシェル要素）による弾塑性解析 |
| 開発機関 | ダッソー・システムズ株式会社 |
| 開発時期 | 1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社） |
| 使用したバージョン | Ver. 6.11-2 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは、米国Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS社）で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機プログラムである。</p> <p>適用モデルは1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p> |
| 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) | <p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（ソリッド要素及びシェル要素）による弾塑性解析に、本解析コードが適用できることを確認している。 |

2.4 ABAQUS Ver. 6.14-1

| | |
|---|---|
| 項目 | コード名 ABAQUS |
| 使用目的 | はり要素による固有値解析及び地震応答解析 |
| 開発機関 | ダッソー・システムズ株式会社 |
| 開発時期 | 1978年 (Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc) 2005年 (ダッソー・システムズ株式会社) |
| 使用したバージョン | Ver. 6.14-1 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは、米国Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc (HKS社)で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機プログラムである。</p> <p>適用モデルは、1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p> |
| 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) | <p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードによる地震応答計算結果と振動試験結果の比較による検証*が実施され、本解析コードが検証されたものであることを確認している。 ・使用する適用要素（はり要素）について、解析結果が理論モデルによる理論解と一致することを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の構造解析に広く利用されていることを確認している。 ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・使用する解析モデルは、既工事計画及び耐震評価にて実績のある関連規格及び文献を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用するはり要素による固有値解析及び地震応答解析に、本解析コードが適用できることを確認している。 |

注記*：独立行政法人 原子力安全基盤機構「平成19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」動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書

2.5 ABAQUS Ver. 6.14-3

| | |
|---|--|
| 項目 | コード名 ABAQUS |
| 使用目的 | 3次元有限要素法（積層シェル要素）による弾塑性応力解析 |
| 開発機関 | ダッソー・システムズ株式会社 |
| 開発時期 | 1978年（Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc） 2005年（ダッソー・システムズ株式会社） |
| 使用したバージョン | Ver. 6.14-3 |
| コードの概要 | <p>本解析コードは、米国Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc（HKS社）で開発され、ダッソー・システムズ社に引き継がれた有限要素法に基づく構造解析用の汎用計算機プログラムである。</p> <p>適用モデルは、1次元～3次元の任意形状の構造要素、連続体要素について取り扱うことが可能であり、静的応力解析、動的応力解析、熱応力解析、伝熱解析、座屈解析等の機能を有している。特に非線形解析が容易に行えることが特徴であり、境界条件として、熱流束、温度、集中荷重、分布荷重、加速度等を取り扱うことができる。</p> <p>数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野で利用されている実績を持つ。</p> |
| 検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation) | <p>【検証 (Verification)】 本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】 本解析コードの妥当性確認内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、今回の工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法（積層シェル要素）による弾塑性応力解析に、本解析コードが適用できることを確認している。 ・鉄筋コンクリート造平板の実験結果のシミュレーション解析から、本解析コードが実験結果をよくシミュレートできることを確認している。 ・半無限固体の表面温度が上昇するときの固体中の温度解析から、本解析コードが理論解と良く一致していることを確認している。 ・今回の工事計画認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。 |