

| | |
|----------------|------------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 | 設計及び工事計画審査資料 |
| 資料番号 | KK6 添-3-021-2 改0 |
| 提出年月日 | 2023年12月21日 |

計算機プログラム（解析コード）の概要

計算機プログラム（解析コード）の概要

目 次

| | |
|------------------|---|
| 1. はじめに | 1 |
| 別紙7 ABAQUS | 2 |

1. はじめに

本資料は、添付書類VI-3「強度に関する説明書」において使用した計算機プログラム（解析コード）について説明するものである。

「強度に関する説明書」において使用した解析コードの使用状況一覧，解析コードの概要を以降に記載する。

別紙7 ABAQUS

1. 使用状況一覧

| 使用添付書類 | | バージョン |
|----------------|--------------------------|-------------|
| VI-3-3-6-1-1-1 | 原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書 | Ver. 6.14-3 |
| VI-3-別添 1-5 | 竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書 | Ver. 6.14-3 |

2. 解析コードの概要

| 項目 | コード名 |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ABAQUS |
| 使用目的 | 3次元有限要素法による応力解析（弾塑性） 3次元有限要素法（はり要素，シェル要素及びソリッド要素）による衝突解析 |
| 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及び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，陽的時間積分を用いた非線形動的過渡応答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。また，衝突問題などの高速な動的事象や複雑な接触相互作用を含む問題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> <p>(1) 3次元有限要素法による応力解析（弾塑性）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・面外集中荷重を受ける鉄筋コンクリート造平板の実験についてシミュレーション解析を行い，実験結果の荷重－変位関係と解析結果の比較をすることにより，本解析コードの当該解析機能の妥当性を確認している。 |

| | |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・ 既往知見におけるプレストレストコンクリート製格納容器の耐圧実証試験及びシミュレーション解析の荷重－変位関係により，本解析コードの当該解析機能の妥当性を確認している。 ・ 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>(2) 3次元有限要素法（はり要素，シェル要素及びソリッド要素）による衝突解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本解析コードによる衝突解析の結果が理論解と概ね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> <p>(1) 3次元有限要素法による応力解析（弾塑性）</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。 ・ 本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・ 本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと異なるが，バージョンの変更において解析機能に影響のある変更が行われていないことを確認している。 ・ 本設計及び工事の計画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，本設計及び工事の計画において使用する3次元有限要素法（積層シェル要素）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。 ・ 検証内容のとおり，鉄筋コンクリートの応力解析に |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>ついて検証しており，本設計及び工事の計画において適正な材料構成則を設定していることから，解析の目的に照らして今回の解析に適用することは妥当である。</p> <p>(2) 3次元有限要素法（はり要素，シェル要素及びソリッド要素）による衝突解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは日本国内の原子力施設で工事計画認可申請に使用されており，十分な実績があるため信頼性がある。 ・本設計及び工事の計画において使用するバージョンは，他プラントの既工事計画において使用されているものと同じであることを確認している。 ・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持ち，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，今回の設計及び工事計画認可申請で使用する3次元有限要素法による衝突解析に，本解析コードが適用できることを確認している。 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|