

機器・配管系の耐震性評価で使用した計算機プログラム（解析コード）の概要

令和 2 年 6 月 29 日
 日本原子力研究開発機構
 原子力科学研究所

【R2.6.10 ヒアリングコメント】

評価に使用した計算コードについて、既往の設工認で使用したものと異なる場合は、違いを明らかにすること。

1. 概要

JRR-3 設工認（その 11）及び（その 13）の機器・配管系の耐震評価に使用している計算機プログラム（解析コード）の妥当性を示すために、プログラムごとに「使用目的」、「開発機関」、「使用したバージョン」、「コードの概要」及び「使用実績」についてまとめ、既往審査にて用いられていること、あるいは機構内で妥当性の検証を行ったものであることを示す。

既往の設工認で使用されている解析コード

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	原子炉プール等の地震応答解析
開発機関	MSC Software Corporation
使用したバージョン	—
コードの概要	MSC NASTRAN は、航空機設計のために NASA 向けに MSC 社が開発した三次元有限要素法による汎用構造解析プログラムである。静的応力解析及び動的応答解析（スペクトルモーダル法, 時刻歴応答解析等）, 伝熱解析, 構造流体連成解析などが可能である。
使用実績	・ JRR-3（設置時）

項目 \ コード名	HISAC
使用目的	機器・配管系の地震応答解析（静的解析、動的解析）
開発機関	株式会社日立製作所
使用したバージョン	—
コードの概要	多軸、多自由度系の地震応答解析コードで、固有値計算、振動モード計算及び地震応答計算が可能である。
使用実績	<ul style="list-style-type: none"> ・ 東京電力株式会社 福島第一原子力発電所 1, 4 号機、福島第二原子力発電所 2, 4 号機、柏崎刈羽原子力発電所 4, 5 号機 ・ 日本原子力発電株式会社 東海第二原子力発電所 ・ JRR-3（設置時）

項目 \ コード名	SAP-IV
使用目的	機器・配管系の地震応答解析（静的解析、動的解析）
開発機関	株式会社日本鋼管
使用したバージョン	—
コードの概要	本コードはカリフォルニア大学において開発された線形構造解析プログラムである。解析方法は、有限要素法を用い、連立方程式は LDL 分解による。動的解析については、固有値解析はデターミナント・サーチ法または、サブスペース法に解析し、時刻歴応答解析及び応答スペクトル解析が可能である。
使用実績	<ul style="list-style-type: none"> ・ JRR-3（設置時）

設工認（その 11）及び設工認（その 13）で使用されている解析コード

項目 \ コード名	NX Nastran
使用目的	原子炉プール等の地震応答解析（静的線形解析）
開発機関	Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.
使用したバージョン	Ver. 11.0
コードの概要	NX NASTRAN は、航空機の機体強度解析を目的として MSC 社により開発され、Siemens PLM Software Inc. に引き継がれた有限要素法による構造解析用の汎用プログラムである。MSC NASTRAN と同じ機能を持つ。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析、固有値解析を行うことができる。
使用実績	東京電力ホールディングス株式会社 柏崎刈羽原子力発電所で使用実績あり。

項目 \ コード名	ADINA
使用目的	原子炉プール等の地震応答解析（静的非線形解析）
開発機関	ADINA R&D, Inc.
使用したバージョン	Ver. 9.2
コードの概要	ADINA はマサチューセッツ工科大学の K. J. Bathe 教授の研究成果に基づき、ADINA R&D, Inc. 社が開発した有限要素法による線形・非線形の汎用構造解析プログラムである。3次元構造物をはり要素、配管要素、平面要素（面内要素）及びばね要素に置換して、静的・動的解析及び線形・非線形解析を行うことができる。
使用実績	関西電力株式会社 美浜発電所、高浜発電所、大飯発電所で線形解析の使用実績あり。
検証 （Verification） 及び 妥当性確認 （Validation）	ADINA は JRR-3 原子炉プールに対して、鉄筋コンクリート材料の非線形特性を考慮した静的非線形解析を行うために使用している。 【検証（Verification）】 本解析コードの検証の内容は以下のとおりである。 • 線形解析の検証として使用要素であるソリッド要素

	<p>と平面応力要素に関して、Verification Manual 記載の理論値と解析解が一致することが確認されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 非線形解析の検証としてコンクリート構造物の載荷実験結果と、本解析コードによる解析解がおおむね一致することを既往の論文などにより確認している。(土木学会、SMiRT 等) 本解析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の内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 鉄筋コンクリート材料非線形特性を考慮した静的非線形解析結果と載荷実験結果を比較して検証しており、検証内容は JRR-3 建家の解析条件に類似するものであることから、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。
--	---

コード名	MSC NASTRAN
項目	
使用目的	機器・配管系の地震応答解析（静的解析、動的解析）
開発機関	MSC Software Corporation
使用したバージョン	Ver. 2005r2
コードの概要	MSC NASTRAN は、航空機設計のために NASA 向けに MSC 社が開発した三次元有限要素法による汎用構造解析プログラムである。静的応力解析及び動的応答解析（スペクトルモーダル法, 時刻歴応答解析等）, 伝熱解析, 構造流体連成解析などが可能である。
使用実績	日本原子力発電株式会社 東海第二発電所等発電炉で使用実績あり。日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉「もんじゅ」で使用実績あり。