

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	工認-230 改10
提出年月日	平成30年9月28日

V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要  
・MSC NASTRAN

## 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	6
2.1 MSC NASTRAN Ver.2018.0.1	6
2.2 MSC NASTRAN Ver.2016.1.1	8
2.3 MSC NASTRAN Ver.2013.1.1, Ver.2013, Ver.2012.2.0, Ver.2008.0.4, Ver.2008.0.0, Ver.2006r1, Ver.2005	10
2.4 MSC NASTRAN Ver.2008r1	12

## 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）MSC NASTRAN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
V-2-2-35	緊急用海水ポンプピットの耐震性についての計算書	Ver. 2018. 0. 1
V-3-別添3-2-1-2-2	防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））の強度計算書	Ver. 2018. 0. 1
V-2-2-3	原子炉建屋の基礎の耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-2-11	緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-2-19	格納容器圧力逃がし装置格納槽の耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-4-2-1	使用済燃料プールの耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-9-2-2	原子炉格納容器底部コンクリートマットの耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-9-3-4	原子炉建屋基礎盤の耐震性についての計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-3-9-1-1-7	原子炉格納容器底部コンクリートマットの強度計算書	Ver. 2016. 1. 1
V-2-2-15-2	主排気筒の基礎の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
V-2-6-7-11	フィルタ装置入口水素濃度の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
V-2-9-3-2	原子炉建屋大物搬入口の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
V-2-9-5-2-4	ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
V-2-11-2-12	中央制御室天井照明の耐震性についての計算書	Ver. 2013. 1. 1
V-1-2-1	原子炉本体の基礎に関する説明書	Ver. 2013
V-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	Ver. 2013
V-2-2-9	屋外二重管の耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-3-4-2-4	差圧検出・ほう酸水注入管（ティーより N10 ノズルまでの外管）の耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-3-4-3-9	高圧及び低圧炉心スプレイ配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-3-4-3-10	差圧検出・ほう酸水注入管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-3-4-3-11	中性子計測案内管の耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-9-4-1	ダイヤフラム・フロアの耐震性についての計算書	Ver. 2013
V-2-11-2-11	海水ポンプエリア防護対策施設の耐震性についての計算書	Ver. 2012. 2. 0
V-2-11-2-18	原子炉建屋外側ブローアウトパネル防護対策施設の耐震性についての計算書	Ver. 2012. 2. 0

使用添付書類		バージョン
V-2-別添 2-2	溢水源としない耐震 B, C クラス機器の耐震性についての計算書	Ver. 2012. 2. 0
V-3-別添 1-1-8	ディーゼル発電機吸気口の強度計算書	Ver. 2012. 2. 0
V-3-別添 1-2-1-3	架構の強度計算書	Ver. 2012. 2. 0
V-3-別添 2-1-5	ディーゼル発電機吸気口の強度計算書	Ver. 2012. 2. 0
V-2-2-5	使用済燃料乾式貯蔵建屋の耐震性についての計算書	Ver. 2008r1
V-2-11-2-15	使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の耐震性についての計算書	Ver. 2008r1
V-3-別添 2-1-7	建屋の強度計算書	Ver. 2008r1
V-2-10-1-5-6	緊急時対策所用発電機制御盤の耐震性についての計算書	Ver. 2008. 0. 4
V-2-10-1-7-17	常設代替高圧電源装置遠隔操作盤の耐震性についての計算書	Ver. 2008. 0. 4
V-2-2-15-1	主排気筒の耐震性についての計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-7-2-5	非常用ガス処理系排気筒の耐震性についての計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-別添1-4	ハロンボンベ設備の耐震計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-別添1-5	ハロンガス供給選択弁の耐震計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-別添1-7	二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-別添1-8	二酸化炭素供給選択弁の耐震計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-3-別添 1-1-4	主排気筒の強度計算書	Ver. 2008. 0. 0
V-2-5-4-1-2	残留熱除去系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-5-5-1-1	高圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-5-5-2-1	低圧炉心スプレイ系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-5-7-1-1	残留熱除去系海水系ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-5-7-2-1	緊急用海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-10-1-2-7	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-10-1-3-6	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2006r1
V-2-別添2-2	溢水源としない耐震 B, C クラス機器の耐震性についての計算書	Ver. 2006r1

使用添付書類		バージョン
V-3-5-3-1-2	残留熱除去系ポンプの強度計算書	Ver. 2006r1
V-3-5-4-1-1	高圧炉心スプレイ系ポンプの強度計算書	Ver. 2006r1
V-3-5-4-2-1	低圧炉心スプレイ系ポンプの強度計算書	Ver. 2006r1
V-1-8-1	原子炉格納施設の設計条件に関する説明書	Ver. 2005
V-2-3-4-3-5	ジェットポンプの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-3-4-3-6	給水スパーージャの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-3-4-3-7	高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-3-4-3-8	残留熱除去系配管（原子炉圧力容器内部）の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-5-4-1-3	残留熱除去系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-5-4-1-5	ストレーナ部ティーの耐震計算書（残留熱除去系）	Ver. 2005
V-2-5-5-3-1	原子炉隔離時冷却系ストレーナの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-5-6-1-4	ストレーナ部ティーの耐震計算書（原子炉隔離時冷却系）	Ver. 2005
V-2-8-2-2	格納容器雰囲気放射線モニタ（D/W）の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-1	原子炉格納容器の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-3	上部シアラグ及びスタビライザの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-4	下部シアラグ及びダイヤフラムブラケットの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-6	機器搬入用ハッチの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-7	所員用エアロックの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-8	サプレッション・チェンバアクセスハッチの耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-9	配管貫通部の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-2-10	電気配線貫通部の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-4-2	ベント管の耐震性についての計算書	Ver. 2005
V-2-9-4-3-1	格納容器スプレイヘッドの耐震性についての計算書	Ver. 2005

使用添付書類		バージョン
V-3-5-3-1-3	残留熱除去系ストレーナの強度計算書	Ver. 2005
V-3-5-3-1-7	ストレーナ部ティーの応力計算書（残留熱除去系）	Ver. 2005
V-3-5-4-3-1	原子炉隔離時冷却系ストレーナの強度計算書	Ver. 2005
V-3-5-4-3-2	ストレーナ部ティーの応力計算書（原子炉隔離時冷却系）	Ver. 2005
V-3-9-1-1-2	ドライウエルトップヘッドの強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-1-4	ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-2-2	機器搬入用ハッチの強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-3-2	所員用エアロックの強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-3-4	サブプレッション・チェンバアクセスハッチの強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-4-1	原子炉格納容器貫通部の強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-1-4-3	電気配線貫通部の強度計算書	Ver. 2005
V-3-9-2-2-1-2	格納容器スプレイヘッドの応力計算書	Ver. 2005

## 2 解析コードの概要

### 2.1 MSC NASTRAN Ver. 2018. 0. 1

項目 \ コード名	MSC NASTRAN
使用目的	2次元有限要素法（はり，シェルモデル）による静的解析
開発機関	MSC. Software Corporation
開発時期	1971年（一般商業用リリース）
使用したバージョン	Ver. 2018. 0. 1
コードの概要	<p>MSC NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は，航空機の機体強度解析を目的として開発された，有限要素法による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（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（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</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，土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは，緊急用海水ポンプピット及び防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））における2次元有限要素法（はり，シェルモデル）による静的解析で使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，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。</li> <li>・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。</li> </ul>



<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・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。</li><li>・九州電力株式会社の「玄海原子力発電所第4号機」において、原子炉周辺建屋及びその他の建物・構築物の静的応力解析に本解析コード(Ver. 2008r1)が使用された実績がある。</li><li>・今回の工事計画認可申請において使用するバージョンは、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。</li><li>・既工事計画で妥当性確認を行ったのは、はり要素、シェル要素及びソリッド要素を用いた3次元有限要素法によるモデルであり、今回実施する2次元有限要素法(はり要素、ソリッド要素)による静的解析と理論的には類似であることから、上述した妥当性確認が2次元静的解析にも展開できる。</li><li>・本解析コードの適用制限として使用要素数があるが、使用した要素数は適用制限以下であり、今回の解析に使用することは妥当である。</li></ul>
--	--

2.2 MSC NASTRAN Ver. 2016. 1. 1

項目	コード名 MSC NASTRAN
使用目的	3次元有限要素法による応力解析及び温度分布解析
開発機関	MSC Software Corporation
開発時期	1971年（一般商用リリース）
使用したバージョン	2016. 1. 1
コードの概要	<p>MSC NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による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（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（過渡応答解析，周波数応答解析），固有値解析，伝熱解析（温度分布解析），熱応力解析，線形座屈解析等の機能を有している。</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，土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは，原子炉建屋の使用済燃料プール，基礎盤及び原子炉格納容器底部コンクリートマット，緊急時対策所建屋，格納容器圧力逃がし装置格納槽の応力解析に使用している。また，原子炉格納容器底部コンクリートマットの温度分布解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について，本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力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。</li> <li>・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。</li> </ul>

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・関西電力大飯発電所3号機工事計画認可申請書の資料13（耐震性に関する説明書）において、原子炉格納容器，原子炉格納施設の基礎，燃料取扱室上屋の3次元有限要素法による応力解析及び温度分布解析に使用された実績がある。</li> <li>・検証の体系と本工事計画で使用する体系が同等であることから，解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認している。</li> <li>・今回の工事計画認可申請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おこなわれていないことを確認している。</li> <li>・今回の工事計画認可申請における構造に対し使用する要素，3次元有限要素法による応力解析及び温度分布解析の使用目的に対し，使用用途及び使用方法に関する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。</li> </ul>
--	--

2.3 MSC NASTRAN Ver. 2013. 1. 1, Ver. 2013, Ver. 2012. 2. 0, Ver. 2008. 0. 4, Ver. 2008. 0. 0, Ver. 2006r1, Ver. 2005

項目		コード名
		MSC NASTRAN
使用目的	Ver. 2013 . 1. 1	3次元有限要素法(はりモデル及びシェルモデル)による固有値解析及び応力解析
	Ver. 2013	2次元有限要素法(はりモデル及びシェルモデル)による地震応答解析 はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析 3次元有限要素法(はりモデル及びシェルモデル)による応力解析
	Ver. 2012 . 2. 0	3次元有限要素法(はりモデル及びシェルモデル)による固有値解析及び応力解析
	Ver. 2008 . 0. 4	3次元有限要素法(はりモデル及びシェルモデル)による固有値解析, 地震応答解析及び応力解析
	Ver. 2008 . 0. 0	はりモデルによる固有値解析及び応力解析
	Ver. 2006 r1	はりモデルによる固有値解析及び地震応答解析 3次元有限要素法(ソリッド要素)による応力計算
	Ver. 2005	はりモデルによる固有値解析, 地震応答解析及び応力解析 3次元有限要素法(シェルモデル)による応力解析
開発機関		MSC Software Corporation
開発時期		1971年(一般商業用リリース)
使用したバージョン		Ver. 2013. 1. 1, Ver. 2013, Ver. 2012. 2. 0, Ver. 2008. 0. 4, Ver. 2008. 0. 0, Ver. 2006r1, Ver. 2005
コードの概要		<p>MSC NASTRAN(以下「本解析コード」という。)は, 航空機の機体強度解析を目的として開発された, 有限要素法による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(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(過渡応答解析, 周波数応答解析), 固有値解析, 伝熱解析(温度分布解析), 熱応力解析, 線形座屈解析等の機能を有している。</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, 土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</p>

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造力学分野における一般的知見により解を求めることが出来る体系について、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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本解析コードは、航空宇宙、自動車、造船、機械、土木及び建築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。</li> <li>・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果を持って、解析機能の妥当性も確認できる。</li> <li>・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。</li> </ul>
--	---

2.4 MSC NASTRAN Ver.2008r1

<p>項目</p> <p style="text-align: center;">コード名</p>	<p>MSC NASTRAN</p>
<p>使用目的</p>	<p>3次元有限要素法による応力解析</p>
<p>開発機関</p>	<p>MSC Software Corporation</p>
<p>開発時期</p>	<p>1971年（一般商用リリース）</p>
<p>使用したバージョン</p>	<p>Ver.2008r1</p>
<p>コードの概要</p>	<p>MSC NASTRAN（以下「本解析コード」という。）は、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による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（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（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。</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、土木など様々な分野の構造解析に使用されている。</p>
<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>本解析コードは、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋上屋の3次元有限要素法による静的応力解析及び動的応力解析に使用している。</p> <p><b>【検証(Verification)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力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。</li> <li>・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。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認(Validation)】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・関西電力大飯発電所3号機工事計画認可申請書の資料13（耐震性に関する説明書）において、原子炉格納容器、原子炉格納施設の基礎、燃料取扱室上屋の3次元有限要素法による応力解析に使用された実績がある。</li> <li>・検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の一致をもって解析機能の妥当性も確認している。</li> <li>・今回の工事計画認可申請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。</li> <li>・今回の工事計画認可申請における構造に対し使用する要素、3次元有限要素法による応力解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する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。</li> </ul>