

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0016_改2
提出年月日	2021年2月15日

VI-2-1-10 ダクティリティに関する設計方針

目 次

1. 概要	1
2. 構造計画	2
2.1 建物・構築物	2
2.2 機器・配管系	2
3. 材料の選択	3
3.1 建物・構築物	3
3.2 機器・配管系	3
4. 耐力，強度等に対する制限	5
4.1 建物・構築物	5
4.2 機器・配管系	5
5. 品質管理上の配慮	6
5.1 建物・構築物	6
5.2 機器・配管系	6

1. 概要

発電所の各施設は、安全性及び信頼性の見地から、通常運転時荷重に対してのみならず地震時荷重等の短期間に作用する荷重に対しても耐えられるよう設計する必要がある。

これらの設計荷重は、強度設計の立場から、安全側の値として定められているが、重要施設の構造安全性を一層高めるためには、その構造体のダクティリティ*を高めるように設計することが重要である。

本資料は、添付書類「VI-2-1-1 耐震設計の基本方針」のうち、「8. ダクティリティに関する考慮」に基づき、各施設のダクティリティを維持するために必要と考えられる構造計画、材料の選択、耐力・強度等に対する制限及び品質管理上の配慮を各項目別に説明するものである。なお、構造特性等の違いから、施設を建物・構築物と機器・配管系に分けて示す。

注記*：地震時を含めた荷重に対して、施設に生じる応力値等が、ある値を超えた際に直ちに損傷に至らないこと、又は直ちに損傷に至らない能力・特性。

2. 構造計画

2.1 建物・構築物

(1) 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、原子炉建屋の中央部に位置する容器で、シヤラグを設けて原子炉圧力容器から原子炉格納容器に伝えられる水平力及び原子炉格納容器にかかる水平力の一部を周囲の生体遮蔽壁に伝える構造となっている。

(2) 原子炉本体の基礎

原子炉本体の基礎の主体構造は、鋼鉄とコンクリートの複合構築物であり、内外にある円筒鋼板間にコンクリートを充填している。

(3) 原子炉建屋等

原子炉建屋は、原子炉建屋原子炉棟と耐震上の観点からその周囲に配置された原子炉建屋付属棟より構成する。主体構造は、鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造及び鉄骨鉄筋コンクリート造）で、鉄骨造陸屋根を持つ建屋である。

構造方式としては、耐震壁を主体とする壁式構造とし、地震時水平力は耐震壁で負担する。

また、床スラブは剛性を確保するために十分な厚さを持たせるものとする。

壁の配置及び壁厚は、構造全体としての剛心と重心の偏心によるねじれモーメントができるだけ小さくなるように定め、バランスのとれた安定性のある構造とする。

基礎版は、上部構造に生じる応力を支持地盤に伝達させるに十分な剛性を持ち、原則として岩盤に支持させる。

原子炉建屋以外の建屋についても、偏心の影響をできるだけ小さくして、各々の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備分類に応じた設計を行う。

2.2 機器・配管系

機器・配管系に対して十分なダクティリティを持たせるために構造及び配置上、次の点に注意する。

機器・配管系は、構造上、過度な応力集中が生じるような設計は避けるとともに、さらに、製作、施工面から溶接及び加工しやすい構造、配置とし、十分な施工管理を行う。また、熱処理等によりできる限り残留応力を除去する製法を採用する。

また、疲労累積のレベルをできるだけ低く保つ設計とし、必要な場合には疲労評価を行い、疲労破壊に対して十分な余裕を持つことを確認する。

配管系に関しては、同一経路内で著しく剛性が異なることなく、応力集中が生じないような全体のバランスのとれた配管経路及び支持構造計画を立て、系全体の強度設計の余裕を向上させるものとする。

3. 材料の選択

建物・構築物及び機器・配管系の材料について、ダクティリティを維持するために必要と考えられる方針を示す。

3.1 建物・構築物

建物・構築物に使用される材料は「建築基準法・同施行令」等に準拠し、鉄筋コンクリート材料については「建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 5 N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（（社）日本建築学会，2013 改定）」（以下「J A S S 5 N」という。），「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－（（社）日本建築学会，1999 改定）」等，鉄骨材料は「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）」等により選定する。

なお，鉄筋コンクリート材料についての例を以下に示す。

(1) セメント

セメントは「J A S S 5 N」の規定による。

(2) 骨材

使用する骨材の品質，粒形，大きさ，粒度等は「J A S S 5 N」の規定による。

(3) 水

コンクリートの練混ぜに使用する水は「J A S S 5 N」の規定による。

(4) 混和材，混和剤

コンクリートに用いる混和材及び混和剤としてはコンクリート用フライアッシュ及びコンクリート用化学混和剤等がある。これらの混和材及び混和剤は「J A S S 5 N」の規定による。

(5) 鉄筋

鉄筋は「J I S G 3 1 1 2（鉄筋コンクリート用棒鋼）」に適合するものを使用する。

3.2 機器・配管系

機器・配管系に使用される構造材料は，安全運転の見地から信頼性の高いものが必要である。したがって，「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年通商産業省告示 5 0 1 号，最終改正平成 15 年 7 月 29 日経済産業省告示第 277 号）」，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版を含む））〈第 I 編 軽水炉規格〉 J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（日本機械学会）」（以下「設計・建設規格」という。）等に示されるもの及び化学プラント，火力プラントや国内外の原子力プラントにおいて十分な使用実績があり，かつ，その材料特性が十分把握されているものを使用する。

機器・配管系に使用される材料の鋼種は，原則として規格・基準に示される炭素鋼及び低合金鋼（この 2 つを総称して「フェライト鋼」と呼ぶ。），オーステナイト系ス

ステンレス鋼，ニッケルクロム鉄合金及び非鉄金属を用いる。このうちフェライト鋼については，使用条件に対して脆性破壊防止の観点から延性を確保できるよう必要な確認を行う。

特に考慮すべき事項を以下に示す。

- (1) 均質な組成と機械的性質を持ち，強度上有意な影響を及ぼす可能性のある欠陥がない材料を使用する。
- (2) 使用温度及び供用期間中に対し，著しい材料強度特性，破壊靱性の低下が生じにくい材料を使用する。
- (3) 中性子照射による脆化を考慮して材料を選択する。また原子炉圧力容器内には監視試験片を配置し，材料の機械的性質の変化を監視する。
- (4) 素材として優れた特性を有するとともに，溶接施工，成形加工においても，その優れた特性を持つ材料を使用する。
- (5) 溶接材料は，溶接継手部が母材と同等の性能が得られるよう選定する。
- (6) 冷却材等に対する耐食性の良い材料を使用する。
- (7) 冷却材と接する材料には放射化生成物を生じる元素が少ない材料を使用する。

4. 耐力，強度等に対する制限

建物・構築物及び機器・配管系の強度設計に関しては，通常時の荷重に対してのみならず，地震時荷重等のように短期間に作用する荷重に対して十分な耐力・強度及びダクティリティを有するように考慮する。以下にその内容を示す。

4.1 建物・構築物

建物・構築物の強度設計に関する基準，規格等としては「建築基準法・同施行令」，「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－（（社）日本建築学会，1999 改定）」，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」，「鋼構造設計規準－許容応力度設計法（（社）日本建築学会，2005 改定）」，「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」等があり，これらの規格・基準を適用するものとする。なお，建物・構築物の耐力に関して，初期剛性の低下の要因として考えられる平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等が鉄筋コンクリート造耐震壁の変形能力及び終局耐力に影響を与えないことを実験等により確認している。また，原子炉をスクラムさせるようなある程度以上の地震が起こった場合には，平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の影響を踏まえて設計体系に反映した事項（初期剛性低下の考慮等）について分析し，設計の妥当性を確認する。

4.2 機器・配管系

機器・配管系の構造強度及び設計においては，設計・建設規格を適用するとともに A S M E 「Boiler and Pressure Vessel Code」等を準用する。

以下，機器・配管系のダクティリティを維持するために必要な破壊防止の基本的考え方を示す。

- (1) 脆性破壊が生じないように，十分な靱性を有する材料を選定する。また，使用材料が設計・建設規格の破壊靱性試験に対する要求に適合していることを確認する。
- (2) 延性破壊又は疲労破壊が生じないように添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき応力制限を行うとともに，必要に応じて疲労解析を行う。
- (3) 座屈現象が生じないように，発生荷重を許容座屈荷重以下に制限する。
- (4) クリープに関しては，使用温度において供用期間中に支障が生じないように材料を選定する。
- (5) 応力腐食割れが生じないように，水質管理，材料選定及び残留応力の低減等の配慮を行う。

5. 品質管理上の配慮

建物・構築物及び機器・配管系のダクティリティを維持するためには前項で示したように構造計画上の配慮, 材料の選択及び耐力・強度等に対する制限に留意するとともに, 添付書類「VI-1-10 設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書」に基づき品質管理を十分に行う。

以下に建物・構築物及び機器・配管系について, 計画, 設計した耐力・強度等が得られるように, 品質管理上特に留意すべき事項を示す。

5.1 建物・構築物

建物・構築物に対する品質管理は「J A S S 5 N」等に準拠するが, ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

(1) 材料管理

セメント, 水, 骨材, 鉄筋, 鉄骨等が規定の仕様を満たしていることを確認する。

(2) 配筋管理

配筋が設計図書, 仕様書どおりであることを確認する。

(3) 鉄骨等の溶接管理

規定どおりに溶接されていることを確認する。

(4) 調合管理

規定どおりに調合されていることを確認する。

(5) 打込み, 養生管理

規定, 仕様書どおり打込み, 養生が行われていることを確認する。

(6) 強度管理

設計した強度等が得られていることを確認するため, 規定等に従って試験し管理する。

5.2 機器・配管系

機器・配管系に対する品質管理は, 設計・建設規格, A S M E「Boiler and Pressure Vessel Code」等に準拠するが, ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

(1) 材料管理

素材, 溶接材料について設計仕様書等に示すものが使用されていることを確認する。

(2) 強度管理

素材, 溶接部の試験片による強度, RT_{NDT} 等の試験, 耐圧, 漏えい及び振動試験によって確認する。

(3) 製作・据付管理

設計仕様書，設計図書等に示すとおり製作，据付けが行われていることを確認する。

(4) 保守・点検

据付け後も供用期間中検査等必要な管理を行う。