

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-047 改 0
提出年月日	平成 30 年 1 月 25 日

クラス 3 機器の強度計算の基本方針

目 次

1. 概要	1
2. クラス3機器の強度計算の基本方針	1
2.1 クラス3機器のうち消火設備用ポンペ、消火器及び火災防護設備用水源タンクを除く機器の構造及び強度	3
2.2 クラス3機器のうち消火設備用ポンペ、消火器及び火災防護設備用水源タンクの構造及び強度	7

1. 概要

クラス3機器の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第6号）（以下「技術基準規則」という。）第17条第1項第3号及び第10号に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本資料は、その他発電用原子炉の附属施設（火災防護設備及び浸水防護施設）のうちクラス3機器となる容器及び管が十分な強度を有することを確認するための強度計算の基本方針について説明するものである。

2. クラス3機器の強度計算の基本方針

クラス3機器の材料及び構造については、技術基準規則第17条（材料及び構造）に規定されており、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）（以下「技術基準規則の解釈」という。）第17条10において「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC 1－2005/2007」（日本機械学会）又は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2012年版）＜第1編軽水炉規格＞ JSME S NC 1－2012」（日本機械学会）によることとされているが、技術基準規則の施行の際現に施設し、又は着手した設計基準対象施設については、施設時に適用された規格によることと規定されている。同解釈において規定される JSME S NC 1－2005/2007及び JSME S NC 1－2012は、いずれも技術基準規則を満たす仕様規定として相違がない。

よって、クラス3機器（消火設備用ポンベ、消火器及び火災防護設備用水源タンクを除く）の評価は、基本的に施設時の適用規格による評価とするが、施設時の適用規格が「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和45年9月3日 通商産業省告示第501号又は昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）の場合は、今回の設計時において技術基準規則を満たす仕様規定として既に技術評価が行われていた JSME S NC 1－2005/2007（以下「設計・建設規格」という。）と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。施設時の適用規格が設計・建設規格の場合は、設計・建設規格による評価を実施する。また、施設時に強度に対する要求がない場合は、設計・建設規格に基づき評価を実施する。

管継手については、告示第501号、設計・建設規格に適合するものを使用する設計とする。

また、技術基準規則の解釈の冒頭において「技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準に確

保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合するものと判断する。」ことが規定されている。

クラス3容器のうち火災防護設備用水源タンクについては、鋼製石油貯槽と同じ全溶接製縦円筒型貯槽であることから構成石油貯槽の構造の規定であるJIS B 8501 (1985)「鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」（以下「JIS B 8501」という。）の規定に従って設計しているため、クラス3容器の材料、構造及び強度の要求に照らして十分な保安水準の確保ができることを確認した上で、施設時の規格であるJIS B 8501に基づき評価を実施する。

クラス3容器のうち完成品としてそれぞれの高圧ガス保安法及び消防法の規制を受ける消火設備用ポンベ及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に関する審査基準」に基づき設定する火災区域又は火災区画に配備する消火器（以下「消火器」という。）については、技術基準規則第17条第1項第3号及び第10号におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の規定と、高圧ガス保安法及び消防法の材料、構造及び強度の規定が同等の水準であることを確認した上で、高圧ガス保安法及び消防法に適合したものを使用する設計とする。

消火設備用ポンベ及び消火器を除くクラス3機器の材料については、告示第501号又は設計・建設規格に規定されている材料を使用する設計とする。

また、消火設備用ポンベ及び消火器の材料については、技術基準規則第17条第1項第3号、第10号及び第15号におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の規定と高圧ガス保安法又は消防法の規定の比較評価において適切であることを確認する。

2.1 クラス3機器のうち消火設備用ポンベ、消火器及び火災防護設備用水源タンクを除く機器の構造及び強度

(1) 強度計算における適用規格の選定

クラス3機器（消火設備用ポンベ、消火器及び火災防護設備用水源タンクを除く）については、技術基準規則施工前に工事に着手又は完成した設備を含むことから、施設時の適用規格は告示第501号又は設計・建設規格である。よって、施設時の適用規格が設計・建設規格である場合には、設計・建設規格による評価を行い、施設時の適用規格が告示第501号の場合は、設計・建設規格との比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

安全側の適用規格の選定は、クラス3機器において解析による評価は行わないため、公式による評価について実施する。

a. 公式による評価の比較

公式による評価において評価結果に影響を与えるものとしては、評価式、評価式に用いる許容値及び係数並びに材料の物性値がある。このうち係数については評価式を構成するものであることから評価式として扱う。材料の物性値については、物性値を割下げ率で除して許容値を設定されていることからその影響は許容値に含まれることになる。よって、評価式と許容値の2つの項目について比較する。

評価式及び許容値の比較は、評価対象部位ごとに実施する。許容値の比較は、許容値が小さい方を安全側とする。ただし、許容値のSI単位化による誤差は、単位換算によるものであり工学的な意味合いはなく、評価結果に影響を与えないため、ここでは相違するものとは見なさない。

上述の2つの項目における比較において安全側の規格が容易に判断できる場合は、安全側の規格として選定した設計・建設規格又は告示第501号のいずれかにて評価を実施する。また、安全側の規格が異なる場合等で、安全側の規格が容易に判断できない場合は設計・建設規格及び告示第501号の両規格により評価を実施する。両規格に相違がない場合は、設計・建設規格に基づき評価を実施する。

(2) 規格の相違

施設時の適用規格が告示第501号である場合の設計・建設規格及び告示第501号による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施し、安全側の規格を整理した。以下に、両規格に相違が認められた評価項目を示す。

a. 評価式*

(a) 管

評価項目	設計建設・規格	昭和45年告示第501号	安全側の規格
継手効率	[PVD-3110] η：継手効率 (参考) [PPD-3411] $t = \frac{PD_o}{2S\eta + 0.8P}$	[第31条第3項] η：継手効率 (参考) [第58条第1項] $t = \frac{PD_o}{2S\eta + 0.8P}$	継手効率 および 許容値による
補強に必要な面積	[PPD-3424] $A_r = 1.07 d t_{rr} (2 - \sin \theta)$ t _{rr} ：外径基準の必要最小厚さ	[第31条第6項] $A_r = d t_{rr} \cdot F$ t _{rr} ：内径基準の必要最小厚さ	昭和45年告示 501号 もしくは 設計・建設規格

注記*：評価式に記載の記号は、添付書類「付録10 管の基本板厚計算書作成の基本方針」の記号の定義による。

これに記載されていない記号の定義については以下のとおり。

評価項目	記号	単位	定義
補強に必要な面積	F	—	昭和45年告示第501号 第31条第6項の図により 定めた値

b. 許容値

(a) 管

機器名	材料	最高使用温度 (℃)	設計・建設規格 (MPa)	昭和45年 告示第501号 (MPa)	安全側の規格
消火設備配管	SUS304TP	40	129	127	昭和45年告示第501号
消火設備配管	SUS304TP	40	103*	108*	設計・建設規格

注記*：溶接鋼管に品質係数を掛けた値

9

(3) 選定規格

施設時の適用規格が告示第501号である場合の設計・建設規格及び告示第501号の比較において、確認された安全側の規格により評価を行う。

クラス3機器の計算書に記載する強度評価結果については、安全側の規格による評価結果を記載する。なお、設計・建設規格及び告示第501号の両規格による評価を実施したものにおいては、両規格による評価結果を計算書に記載する。

2.2 クラス3機器のうち消火設備用ポンペ、消火器及び火災防護設備用水源タンクの構造及び強度

技術基準規則第17条第1項第3号、第10号及び第15号におけるクラス3容器の材料、構造及び強度の規定と、消火設備用ポンペ及び消火器に適用する高圧ガス保安法及び消防法の規定を比較し同等の水準であることを以下のとおり確認する。

また、火災防護設備用水源タンクについては設計に適用したJIS B 8501が、火災防護設備用水源タンクの使用条件下において技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があることを確認する。

(1) 技術基準規則第17条第1項第3号、第10号及び第15号の要求事項

a. 材料

- ・クラス3容器に使用する材料が、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学成分を有すること。
- ・工学的安全施設に属するクラス3容器に使用する材料にあつては、当該機器の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験又はその他の評価方法により確認したものであること。(火災防護設備は工学的安全施設に該当しないため対象外)

b. 構造及び強度

- ・設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること。
- ・クラス3容器に属する伸縮継手にあつては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊を生じないこと。(消火設備用ポンペ、消火器及び火災防護設備用水源タンクに対して伸縮継手を使用していないため対象外)
- ・設計上定める条件において、座屈が生じないこと。(消火設備用ポンペ、消火器及び火災防護設備用水源タンクの外面には圧力が加わらないことから対象外)

c. 主要な耐圧部の溶接部

主要な耐圧部の溶接部について、不連続で特異な形状でないものであること等が規定されている。(主要な耐圧部の溶接部は、機器のうち容器及び管を対象とし、施設の安全上の重要度、圧力、口径等から技術基準規則の解釈に定められており、火災防護設備については、外形150mm以上の管が「主要な耐圧部の溶接部」に該当し、容器については対象外)

(2) 技術基準規則第17条と高圧ガス保安法の規定の比較

a. 材料

技術基準規則第17条では、圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有していることが要求されている。

一方、高圧ガス保安法では、容器について、充てんする高圧ガスの種類、充てん圧力、使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造することが要求されており、考慮する使用条件は以下のとおり同等であることから、材料に対して要求する水準は同等である。

(圧力)

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を条件としており、高圧ガス保安法における、ポンベ内部に受ける最高の圧力である「充てん圧力」と同等である。

(温度)

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を条件としており、高圧ガス保安法における「使用温度」として規定している温度の上限値と同等である。

(荷重)

技術基準規則第17条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス3容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火設備用ポンベに対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、高圧ガス保安法も充てん圧力を規定していることから、想定する荷重は同等である。

(その他の使用条件)

技術基準規則第17条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが要求されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。

一方、高圧ガス保安法では、ポンベの材料選定として、充てんする高圧ガスの種類等、使用される環境に応じた適切な材料を選定するよう規定していることから、技術基準規則第17条において考慮すべき「その他の使用条件」と同等である。

b. 構造及び強度

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えることが要求されている。

一方、高圧ガス保安法では、「溶接容器（ハロンポンベ）及び一般継目なし容器（二酸化炭素ポンベ）の必要肉厚を材料の許容応力より算出すること」が要求されており、

材料の降伏点を越えることのないよう許容応力を規定していることから、要求する水準は同等である。

上述のa. 項及びb. 項より、技術基準規則第17条と高圧ガス保安法の材料、構造及び強度の規定の水準は同等であることから、火災防護設備として使用する消火設備用ポンベについては、高圧ガス保安法の材料、構造及び強度に関する要求に適合することにより、技術基準規則第17条の要求に照らして十分な保安水準の確保が可能であるため、高圧ガス保安法に適合したものを使用する設計とする。

(3) 技術基準規則第17条と消防法の規定の比較

a. 材料

技術基準規則第17条では、圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用することが要求されている。

一方、消防法では、容器について耐食性及び耐久性を有する材料を用いた堅牢な材料を使用すること並びに腐食試験等においてさび等の異常を生じないことが要求されており、考慮する使用条件は以下のとおり同等であることから、材料に対して要求する水準は同等である。

(圧力)

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を条件としており、消防法における消火器内部に受ける最高の圧力である「調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值」と同等である。

(温度)

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を条件としており、消防法における「使用温度範囲」として規定している最高温度と同等である。

(荷重)

技術基準規則第17条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス3容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火器に対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、消防法も使用圧力等を規定していることから、想定する荷重は同等である。

(その他の使用条件)

技術基準規則第17条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが要求されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。

一方、消防法では、消火器の材料選定として、充てんした消火剤に接触する部分をその消火剤に侵されない材料で造ることが規定されており、技術基準規則第17条において考慮すべき「その他の使用条件」と同等である。

b. 構造及び強度

技術基準規則第17条では、設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えることが要求されている。

一方、消防法では、使用材料に応じた消火器の本体容器の板厚を規定しており、消火器内部に受ける最高の圧力（調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值）を超える圧

力（設計上定める最高の圧力の1.3～2.0倍）で耐圧試験を実施し，強度上支障のある永久ひずみ（円筒部分にあつては，円周長の0.5%以上の永久ひずみ）を生じないことが要求されている。これは，設計上定める条件に対して十分な裕度をもって，全体的な変形を弾性域に抑えることができる水準であることから，要求する水準は同等である。

上述のa. 項及びb. 項より，技術基準規則第17条と消防法の材料，構造及び強度の規定の水準は同等であることから，火災防護設備として使用する消火器については，消防法の材料，構造及び強度に関する要求に適合することにより，技術基準規則第17条の要求に照らして十分な保安水準の確保が可能であるため，消防法に適合したものを使用する設計とする。

(4) 火災防護設備用水源タンクの設計に適用したJIS B 8501の技術基準規則第17条クラス3容器への規定への適合性

a. 材料

材料について、JIS B 8501に基づき設計された火災防護設備用水源タンクの使用材料は、技術基準規則第17条の要求を満たすものとして解釈10に記載のある設計・建設規格クラス3容器の規定において使用可能として規定されている材料に該当し、工学的安全施設に属するクラス3機器以外は、破壊じん性及び非破壊試験については要求がないことから、技術基準規則第17条クラス3容器の規定を満足している。

b. 構造及び強度

技術基準規則第17条において、構造強度の要求は、設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑えることが要求されており、解釈6において『「全体的な変形を弾性域に抑える」とは、構造上の全体的な変形を弾性域に抑えることに加え、材料の引張強さに対しても十分な構造強度を有することをいう。』とされている。

以下のとおり、火災防護設備用水源タンクの設計に適用したJIS B 8501の規定は、技術基準規則第17条クラス3容器の構造及び強度の規定を満足している。

(構造上の全体的な変形を弾性域に抑えること)

開放タンクの規格であるJIS B 8501は、設計降伏点 (S_y) に対して60%に抑えることが規定されており、設計条件に対して構造上の全体的な変形を弾性域に抑えることができる。

(引張強さに対して十分な構造強度を有すること)

火災防護設備用水源タンクの胴の材料は軟鋼材のSS41/SS400であり、 S_y は設計引張強さ (S_u) に対して60%程度であることから、JIS B 8501の許容値である $0.6 S_u$ に対しても40%程度に抑えられ、引張強さに対しても十分な構造強度を有している。なお、JIS B 8501は制定から最新版まで S_u を基準とした許容値の設定はない。

また、開放タンクは圧力容器に比べ、その構造から急激な圧力上昇が発生する可能性はなく、水頭以上の圧力が加わることがないことから、高い圧力による破裂危険性はない。

上述のa. 項及びb. 項より，火災防護設備用水源タンク的设计に適用したJIS B 8501は，设计条件において构造上の全体的な変形を弾性域に抑えることができ，技術基準規則のクラス3容器の要求に照らして十分な保安水準の確保ができる技術的根拠があることから，火災防護設備用水源タンクについては，技術基準規則第17条クラス3容器の要求を満足している。