

検証・原案新規制基準適合性審査

美浜3号機蒸気発生器に耐震評価不正の疑い

滝谷 敏一

元原子力安全委員会事務局技師兼委員、工学博士
たまたに こといち

新規制基準のもとで規制委員会により工事計画が認可された美浜3号機について、関西電力は蒸気発生器の耐震評価における伝熱管の許容応力値に改訂前の緩やかな規格にもとづく値を恣意的に用いて合格を図っている疑いがある。この問題を論証し、規制委員会に瑕疵のある工事計画認可の取り消しを求めらる。

突出している蒸気発生器伝熱管の耐震許容値

本誌の筆者前稿「繰り返し地震を想定する耐震基準改正を求めらる」において、蒸気発生器伝熱管の基準地震動 S_s による耐震評価を調べた際に、美浜3号機の S_s 評価基準値(許容応力値)が他の加圧型原案の値より突出して大きいことが判明し、この点は別途精査が必要である旨の注記をした。表1に、伝熱管の材料が高ニッケル合金に属する原案5機の伝熱管の1次応力評価結果の一覧を示す。参考のために、基準地震動の最大加速度の値も併記した。

同表より1次応力評価基準値(許容応力値)は、先行して工事計画が認可された川内1号機、伊方3号機、高浜1,2号機の各原案では481MPaで共通しており、その後認可された美浜3号機の539MPaと突出して大きいことが明らかである。本来、許容応力値は原案の耐震設計の規格および基準等で規定されている定め方に則して使用温度に対する材料データから決められるものであり、同一時期に工事計画認可の審査を受ける原案

の間で、同一材料の伝熱管についてこのような相違があることは、科学的に理に適うものではない。一方、1次応力発生値(計算値)については、各原案の基準地震動の大きさと建物の床応答特性などに依存して決まり、 S_s の最大加速度が最も大きい美浜3号機の値が他の原案での発生値を上回っていることは妥当であると思われる。ここで注目すべきことは、美浜3号機に他の原案4機の許容応力値(481MPa)を適用すると、1次応力発生値(527MPa)がそれを満足できず、工事計画が不合格になることである。

問題は、関西電力が所有する原案について、高浜1,2号機より後から申請された美浜3号機の許容応力値を大きい側(評価が緩やかになる側)に変更していることとであり、そこには、何かの考えがあるのかもしれないと推定される。

そこで、原案の耐震評価に関する設計規格、指針類を調査したところ、以下に述べる問題点が把握された。

旧規格により許容応力値を緩めている美浜3号機

原案の耐震設計用の耐震荷重とその他の荷重との組合せ、および許容応力は、日本電気協会と日本機械学会による民間規格(学協会規格)において定められており、その内容には技術の進歩と新しい知見を反映させた改訂が専門家らの検討により適時に繰り返されている。

本稿で論じる蒸気発生器の伝熱管については、蒸気発生器がクラス1容器(原子炉冷却圧力バウンダ

表1-蒸気発生器伝熱管の基準地震動 S_s による1次応力発生値と評価基準値(ここでの1次応力=1次曲げ応力)

原案名	S_s の最大加速度(水平方向)(ガル)	S_s による1次応力発生値(計算値)(MPa)	許容応力値(許容値)(MPa)	1次応力評価基準値(許容値)(MPa)	出典：工事計画認可申請書(一部修正)の日付
川内1	620	332	481	481	2015年3月10日
伊方3	650	440	481	481	2016年3月3日
高浜1	700	324	481	481	2016年4月27日
高浜2	700	316	481	481	2016年5月27日
美浜3	993	527	539	539	2016年10月7日

(注)伝熱管材料はいずれもインコネル690合金

表2-クラス1容器の基準地震動に対する許容応力の定め方(高ニッケル合金について)
(蒸気発生器はクラス1容器、伝熱管材料のインコネル690合金は高ニッケル合金に属する)

規格/指針等の名称 ^(a)	1次一般膜応力の許容応力	1次一般膜応力+1次曲げ応力の許容応力
①JEAC4601・補-1984	2/3 S_u と 2.4 S_m の小さいほう。 ここで、 S_u : 設計引張強さ S_m : 設計応力強さ	左欄の1.5倍の値
②JSME S NC1-2005	同上	左欄の α 倍の値 ⁽¹⁾
③JEAC4601-2008		
④JEAC4601-2012		

注記:

(1) α は純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比または1.5のいずれか小さいほうの値とする。

α の算出方法については、設計・建設規格 解説 PVB-3111(各使用状態における1次応力評価)を参照。

⇒(上記を参照すると)管状断面形状の場合については、

$$\alpha = 32(1-Y^2)/6\pi(1-Y^2)$$

ただし、 $Y = d/d_0$ (d : 管の内径、 d_0 : 管の外径)

(2) 規格/指針等のタイトル名(発行組織)

JEAC4601: 原子力発電所耐震設計技術指針(日本電気協会)

JEAC4601: 原子力発電所耐震設計技術規程(日本電気協会)

JSME S NC1: 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(第1編 軽水炉規格)(日本機械学会)

りを構成する機器)に属するので、クラス1容器について「左欄の1.5倍とする」と記されており、以下の基準地震動に対する高ニッケル合金の「1次膜応力+1次曲げ応力」の許容応力の定め方に関する規格名とその要点の変遷をまとめると、表2のとおりである。

次に、関西電力が提出した工事計画認可申請書(一部補正)のもとに基準地震動に対する蒸気発生器伝熱管の許容応力の定め方を「1次膜応力+1次曲げ応力」について調べると、高浜1,2号機では、表2の最右列にあるうちの「左欄(1次一般膜応力の許容応力を指す)の α 倍とする」と記されており、同表の中の②JSME S NC1-2005(本稿では2005年版改訂規格と呼ぶ)あるいは同じ内容の③JEAC4601-2008、④JEAC4601-2012に該当する。一方、美浜3号機では「左欄の1.5倍とする」と記されており、①JEAC4601・補-1984(旧規格と呼ぶ)に該当する。これらの規格にもとづいて許容応力の数値を検討すると、次のとおりである。

1次一般膜応力の許容値は、ここで対象とする原案はすべて359MPaの同じ値が示されている。

1次応力(1次膜応力+1次曲げ応力)の許容値は、表1にあるとおり美浜3号機以外は481MPaであり、1次一般膜応力の許容値の約1.34倍(=481/359)になっている。ここで、伝熱管寸法の公称値である外径約22.2mm、肉厚約1.3mmをもとに表2中の算出式により係数 α の値を求めると、約1.35となり、前述の約1.34倍とはほぼ一致することか