

| | |
|-----------------|-----------------|
| 東海第二発電所工事計画審査資料 | |
| 資料番号 | 工認-056 改 4 |
| 提出年月日 | 平成 30 年 4 月 3 日 |

V-1-1-5 クラス 1 機器及び炉心支持構造物の
応力腐食割れ対策に関する説明書

目次

| | |
|--------------------------------------|---|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 申請範囲 | 1 |
| 3. 基本方針 | 1 |
| 4. 応力腐食割れ発生の抑制策について | 1 |
| 4.1 応力腐食割れ発生の前提条件について | 1 |
| 4.2 R C P B 拡大範囲における応力腐食割れ発生の抑制策について | 2 |

1. 概要

本資料は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第 17 条、第 18 条及びそれらの「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」（以下「解釈」という。）に基づき、クラス 1 機器及びクラス 1 支持構造物並びに炉心支持構造物が応力腐食割れ発生の抑制を考慮した設計となっていることを説明するものである。

2. 申請範囲

今回の申請範囲は、設計基準対象施設に属する設備のうち原子炉冷却材圧力バウンダリの拡大範囲となる弁 E12-F009（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側））から弁 E12-F008（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側））まで及び弁 E12-F053A, B（残留熱除去系 A 系シャットダウン注入弁，残留熱除去系 B 系シャットダウン注入弁）から弁 E12-F050A, B（残留熱除去系 A 系停止時冷却ラインテスト逆止弁，残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁）までの主配管及び弁（以下「R C P B 拡大範囲」という。），及び，弁取替となる E12-F041A, B, C（残留熱除去系 A 系注入ラインテスト逆止弁，残留熱除去系 B 系注入ラインテスト逆止弁，残留熱除去系 C 系注入ラインテスト逆止弁），E12-F050A, B（残留熱除去系 A 系停止時冷却ラインテスト逆止弁，残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁），E21-F005（低圧炉心スプレイ系注入弁），E21-F006（低圧炉心スプレイ系テストブル逆止弁），E22-F005（高圧炉心スプレイ系テストブル逆止弁），E51-F064（原子炉隔離時冷却系蒸気ライン外側隔離弁）及び E51-F065（原子炉隔離時冷却系注入ライン外側テスト逆止弁）の改造部を対象とする。

なお，R C P B 拡大範囲及び取替となる弁以外のクラス 1 機器及びクラス 1 支持構造物並びに炉心支持構造物に関しては，技術基準規則の要求事項に変更がないため，今回の申請において変更は行わない。

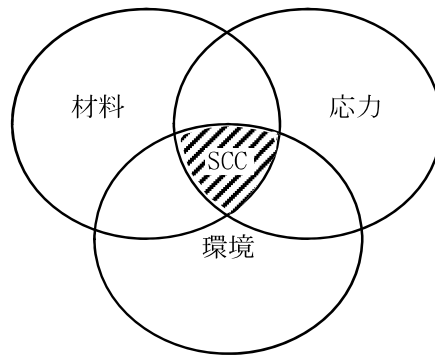
3. 基本方針

R C P B 拡大範囲の設備及び取替となる弁は，日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（J S M E S N C 1—2001）及び（J S M E S N C 1—2005）【事例規格】発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮」（N C—C C—002）に基づき，応力腐食割れ発生環境下に対する適切な耐食性を有する材料の使用，運転中の引張応力を軽減する設計及び製作時の引張残留応力を低減させる工法や発生した引張残留応力の低減対策の実施並びに保安規定に基づく水質管理等の応力腐食割れ発生の抑制を考慮した設計とする。

4. 応力腐食割れ発生の抑制策について

4.1 応力腐食割れ発生の前提条件について

応力腐食割れ(SCC)は、材料が特定の環境条件と応力条件にさらされたときに割れを生じる現象であり、下図に示すとおり、材料・応力・環境の3要因が重畳した場合に発生する。



一般的に応力腐食割れを抑制するためには、以下に示すように3要因のうちの1要因以上を取り除く必要がある。

- a. 応力腐食割れ発生環境下において、応力腐食割れ発生の可能性が高い材料の選定を避ける。
- b. 引張応力を軽減する設計と製作時の引張残留応力を低減させる工法や発生した引張残留応力の低減処理技術を採用する。
- c. 応力腐食割れの発生に寄与する腐食環境を緩和する設計と水質管理技術を採用する。

4.2 申請範囲における応力腐食割れ発生の抑制策について

4.2.1 弁 E12-F009（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側））から弁 E12-F008（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側））まで

R C P B 拡大範囲のうち、弁 E12-F009（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側））から弁 E12-F008（残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側））までは、以下を考慮することにより、応力腐食割れの発生を抑制している。

(1) 配管及び弁

a. 発生応力

当該部は、運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を極力避けて設計し、溶接施工に関しては、当時の法令に従い、技術的妥当性が確認された溶接施工法である。

また、第三者機関にて認可された発電用原子炉施設の溶接士により施工されており、昭和 45 年通商産業省令第 81 号「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」

に基づき十分な品質管理を行っている。

さらに、当該部は開先等の形状を不連続で特異な形状としないこと及び溶接施工時には著しい引張残留応力が発生しないように適切な溶接条件、溶接順序等を採用することにより、引張残留応力の低減を図っている。

b. 環境

定格出力運転時の原子炉冷却材中の溶存酸素及びその他の不純物濃度が十分低くなるよう水質管理を行っている。

また、塩化物、フッ化物及び硫化物混入防止対策を行い、塩化物、フッ化物及び硫化物に起因する応力腐食割れの発生を防止している。さらに、配管外面に対しては、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施するとともに、異常が認められた場合、配管表面清掃及び浸透探傷検査を実施し、異常の無いことを確認している。

なお、当該ラインは第1隔離弁閉により隔離されているため、定格出力運転時温度は100℃より低く、応力腐食割れが発生する可能性が低いことを確認している。

(2) 支持構造物

当該部の支持構造物については、原子炉冷却材高温環境に接液しないこと、塩化物及びフッ化物混入防止対策を行い、応力腐食割れの発生を防止している。

4.2.2 弁 E12-F053A, B (残留熱除去系A系シャットダウン注入弁, 残留熱除去系B系シャットダウン注入弁) から弁 E12-F050A, B (残留熱除去系A系停止時冷却ラインテスト逆止弁, 残留熱除去系B系停止時冷却ラインテスト逆止弁) まで

R C P B 拡大範囲のうち、弁 E12-F053A, B (残留熱除去系A系シャットダウン注入弁, 残留熱除去系B系シャットダウン注入弁) から弁 E12-F050A, B (残留熱除去系A系停止時冷却ラインテスト逆止弁, 残留熱除去系B系停止時冷却ラインテスト逆止弁) までは、以下を考慮することにより、応力腐食割れの発生を抑制している。

(1) 配管及び弁

a. 材料選定

当該部のうち原子炉格納容器貫通部以外の材料は、炭素含有量を制限 ($C \leq 0.020\%$) した SUS316TP, SUSF316, SCS14 であり、応力腐食割れの感受性が低く、これまでも BWR の原子炉冷却材高温環境下における応力腐食割れ対策材料として多く使用されている。

当該部のうち原子炉格納容器貫通部については、内面肉盛溶接の実施により、応力腐食割れの感受性を低減し、改善を行っている。

b. 発生応力

当該部は、運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を極力避けて設計し、溶接施工に関しては、当時の法令に従い、技術的妥当性が確認された溶接施工法である。

また、第三者機関にて認可された発電用原子炉施設の溶接士により施工されており、昭和 45 年通商産業省令第 81 号「電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格」(J S M E S N B 1-2007)に基づき十分な品質管理を行っている。

さらに、当該部のうち原子炉格納容器貫通部以外は応力腐食割れの感受性が低い材料の選定、開先等の形状を不連続で特異な形状としないこと及び溶接施工時には著しい引張残留応力が発生しないように適切な溶接条件、溶接順序等を採用することにより、引張残留応力の低減を図っている。

弁取替を実施する E12-F053A, B (残留熱除去系 A 系シャットダウン注入弁, 残留熱除去系 B 系シャットダウン注入弁) は、運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を極力避けて設計し、溶接施工に関しては、日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格」(J S M E S N B 1-2007)に基づき十分な品質管理を行う。

さらに、弁取替を実施する E12-F053A, B (残留熱除去系 A 系シャットダウン注入弁, 残留熱除去系 B 系シャットダウン注入弁) は応力腐食割れの感受性が低い材料の選定、開先等の形状を不連続で特異な形状としないこと及び溶接施工時には著しい引張残留応力が発生しないように適切な溶接条件、溶接順序等を採用することにより、引張残留応力の低減を図る。

c. 環境

定格出力運転時の原子炉冷却材中の溶存酸素及びその他の不純物濃度が十分低くなるよう水質管理を行っている。

また、塩化物、フッ化物及び硫化物混入防止対策を行い、塩化物、フッ化物及び硫化物に起因する応力腐食割れの発生を防止している。さらに、配管外面に対しては、代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施するとともに、異常が認められた場合、配管表面清掃及び浸透探傷検査を実施し、異常の無いことを確認している。

(2) 支持構造物

当該部の支持構造物については、原子炉冷却材高温環境に接液しないこと、塩化物及びフッ化物混入防止対策を行い、応力腐食割れの発生を防止している。

4.2.3 弁取替となる対象

取替となる弁は、以下を考慮することにより、応力腐食割れの発生を抑制している。

(1) 炭素鋼製の弁

弁体のみが取替となる E12-F041A, B, C (残留熱除去系 A 系注入ラインテスト逆止弁, 残留熱除去系 B 系注入ラインテスト逆止弁, 残留熱除去系 C 系注入ラインテスト逆止弁), E21-F006 (低圧炉心スプレイ系テストダブル逆止弁), E22-F005 (高圧炉心スプレイ系テストダブル逆止弁) の弁体の材料は, SF490A 相当としている。また, 弁一式が取替となる E21-F005 (低圧炉心スプレイ系注入弁), E51-F064 (原子炉隔離時冷却系蒸気ライン外側隔離弁) の材料は, SCPL1 としている。炭素鋼においては, ステンレス鋼よりも応力腐食割れが生じにくいとされており, さらに, 原子炉冷却材高温環境下においても過大な荷重がかからないような設計とすること, 隙間が存在するような特殊な構造をとっていないこと, 材料が著しく硬化するのを避けるために応力除去焼鈍を実施することで, 応力腐食割れの発生を抑制している。

(2) 取替となる弁のうちステンレス鋼製の弁

弁体のみが取替となる E12-F050A (残留熱除去系 A 系停止時冷却ラインテスト逆止弁), E51-F065 (原子炉隔離時冷却系注入ライン外側テスト逆止弁), 弁体及び弁箱が取替となる E12-F050B (残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁) は, 以下を考慮することにより, 応力腐食割れの発生を抑制している。

a. 材料選定

当該部のうち E12-F050A (残留熱除去系 A 系停止時冷却ラインテスト逆止弁) の弁体の材料, E12-F050B (残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁) の弁体及び弁箱の材料は, 炭素含有量を制限 ($C \leq 0.020 \%$) した SUSF316L, SCS14 であり, 応力腐食割れの感受性が低く, これまでも BWR の原子炉冷却材高温環境下における応力腐食割れ対策材料として多く使用されている。

b. 発生応力

当該弁のうち弁箱の取替を実施する E12-F050B (残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁) は, 運転中の引張応力が増大する設計及び製作時の引張残留応力が高くなる工法を極力避けて設計し, 溶接施工に関しては, 日本機械学会「発電用原子力設備規格 溶接規格」(J S M E S N B 1-2007) に基づき十分な品質管理を行う。

さらに, 当該弁のうち弁箱の取替を実施する E12-F050B (残留熱除去系 B 系停止時冷却ラインテスト逆止弁) は応力腐食割れの感受性が低い材料の選定, 開先等の形状を不連続で特異な形状としないこと及び溶接施工時には著しい引張残留応力が発生しないように適切な溶接条件, 溶接順序等を採用することにより, 引張残留応力の低減を図る。

c. 環境

定格出力運転時の原子炉冷却材中の溶存酸素及びその他の不純物濃度が十分低くなるよう水質管理を行っている。

また、塩化物、フッ化物及び硫化物混入防止対策を行い、塩化物、フッ化物及び硫化物に起因する応力腐食割れの発生を防止している。

(3) 支持構造物

当該部の支持構造物については、原子炉冷却材高温環境に接液しないこと、塩化物及びフッ化物混入防止対策を行い、応力腐食割れの発生を防止している。