

美浜発電所、高浜発電所、大飯発電所 安全審査資料

参考

令和2年8月20日

美浜発電所3号炉、
高浜発電所1、2、3、4号炉
及び大飯発電所3、4号炉

新知見への適合状況説明資料
(DNPに対する防護)

コメント回答資料

<建物・構築物の評価手法>

令和2年8月

関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<NRAコメント>

静的負荷に対する建物・構築物の評価手法に説明すること。

<回答>

本資料は、大山生竹テフラの噴出規模の見直しに伴い実施する降下火砕物堆積時における静的負荷に対する建物・構築物（建屋）の強度評価（以下、今回設工認での評価）において、至近の審査実績を踏まえて既認可から評価手法の変更を行うため、評価手法間の比較及び今回設工認での評価手法の説明をするものである。

1. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較

既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の記載について表1に示す。今回設工認での評価手法は既認可の評価手法と比較すると計算過程は異なるが、常時作用する荷重及び降下火砕物等（降下火砕物及び雪）堆積による鉛直荷重により部材に発生する応力等が許容限界とする短期許容応力度を超えないことを確認するという点では同じである。

表1 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の記載

既認可の評価手法* ¹ (荷重による評価)	今回設工認での評価手法* ² (応力による評価)
設計時長期荷重 P_A に対する、常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和 P_B の比 P_C が、鉄筋の許容限界（鉄筋の許容応力度比 1.5）を超えないことを確認する。	固定荷重及び積載荷重並びに火山灰及び積雪による荷重を組み合わせ発生する応力等が許容限界を超えないこととする。 <中略> 許容限界については、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準」及び「鋼構造設計規準 - 許容応力度設計法 -」に基づく短期許容応力度等を用いる。

*1 平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708255 号にて認可された大飯発電所第 4 号機工事計画の資料 14 別添 2-4 「建屋の強度計算書」

*2 令和元年 10 月 15 日 第 784 回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合 資料 1-8 「大飯発電所 3, 4 号炉新知見への適合状況説明資料（DNP に対する防護）」

(1) 既認可の評価手法について

既認可の評価の概要図を図1に示す。既認可の評価では、建設時に設計条件とした②設計時長期荷重 P_A が①長期許容応力度に達する荷重を下回ること及び鋼材の長期許容応力度に対する短期許容応力度の比が1.5（④短期許容応力度に達する荷重が①の1.5倍）であることから、②設計時長期荷重 P_A に対する、⑥常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和 P_B の比 P_C が、1.5を超えないこと（⑥が⑤ $1.5P_A$ を超えないこと）を確認することで、間接的に常時作用する荷重及び降下火砕物堆積等による鉛直荷重により部材に発生する応力が短期許容応力度を下回ることを確認した。

なお、既認可の評価手法は以下の2点において大きな保守性を有する評価手法である。

- a. 許容限界について、降下火砕物堆積時における建屋への要求機能より設定すれば③終局耐力に達する荷重であるところ、保守的に④短期許容応力度に達する荷重を許容限界と設定したこと。
- b. 評価部材の種類や諸元によらず荷重のみで評価できる簡易評価を実施するために、部材が④短期許容応力度に達する荷重を下回る⑤ $1.5P_A$ を評価上の基準値としたこと。

以上により、既認可の評価手法は大きな保守性を有するものである。

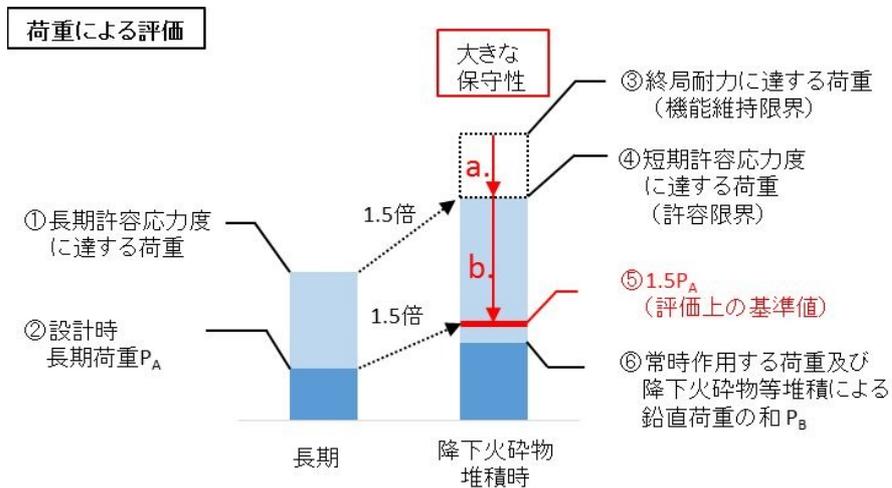


図1 既認可の評価手法の概要図

(2) 今回設工認での評価手法について

今回設工認での評価の概要図を図2に示す。今回設工認での評価では、降下火砕物による荷重が増加したことから、大きな保守性を有する既認可の評価手法では、降下火砕物堆積時に建屋が機能を維持できることを確認できない場合がある。

そこで、今回設工認での評価手法においては、至近の審査実績を踏まえて、部材ごとに⑥' 常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重の和 P_B により発生する応力が許容限界を超えないことを直接確認する。

なお、許容限界は降下火砕物堆積時における建屋への要求機能より設定すれば③' 終局耐力であるところ、今回設工認での評価では、既認可の評価の考え方を踏襲し、④' 短期許容応力度とする。

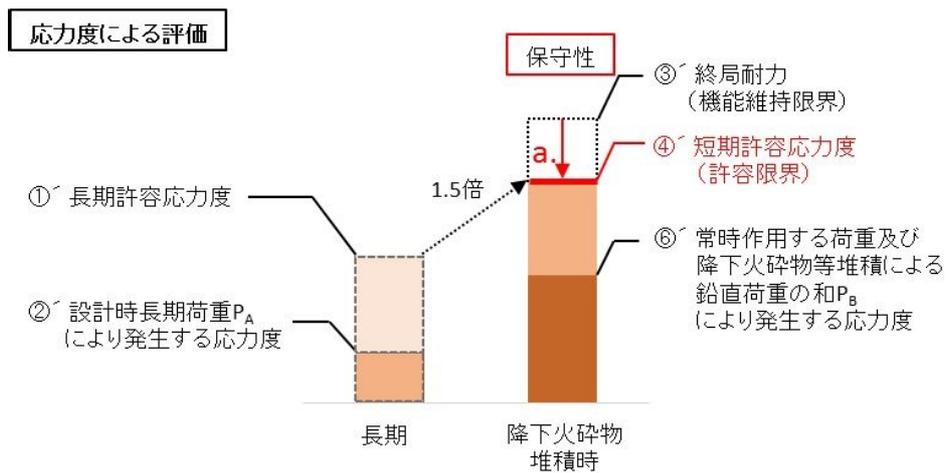


図2 今回設工認での評価手法の概要図

2. 今回設工認での強度評価手法の使用実績

今回設工認での評価手法は、RC-N 規準及び S 規準に基づく評価手法並びに既認可の耐震計算で使用実績のある FEM モデルを用いた評価手法を用いる。評価手法の既認可使用実績を表 2 に示す。各部材ごとの具体的な評価手法を表 2 に示す。各部材ごとの具体的な評価手法を表 2 に示す。かく各部材ごとの具体的な評価手法を表 2 に示す。各部材ごとの具体的な評価手法を表 2 に示す。

表 2 評価手法の既認可使用実績

屋根形状	評価手法	既認可実績の例*
平屋根	RC-N 規準	平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-06-08「中央制御室遮蔽の耐震計算書」のスラブ
ドーム屋根	FEM モデル	平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-7-5「外部しゃへい建屋の耐震計算書」のドーム部

*：参考資料に既認可の評価手法を詳細に示す。

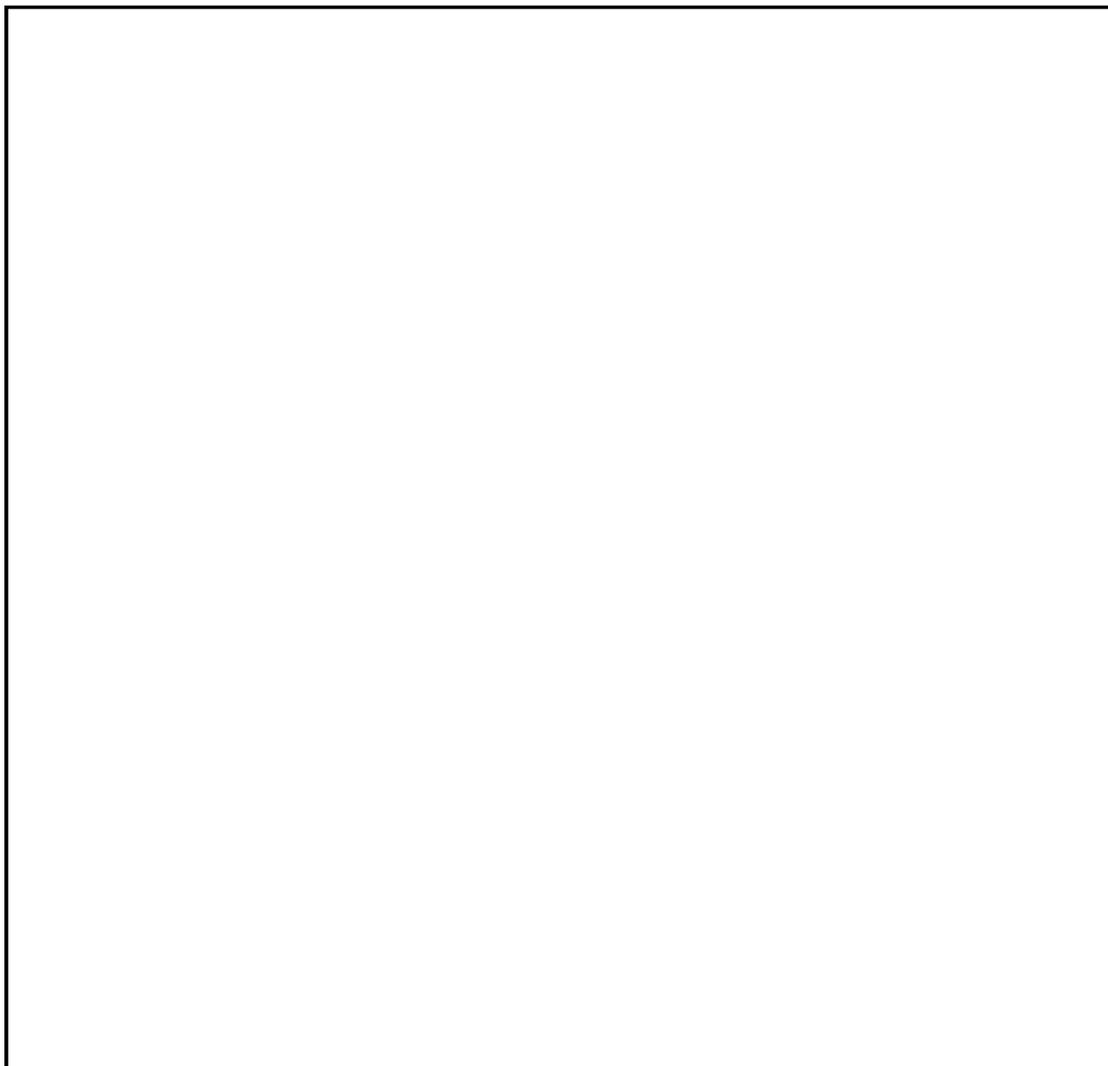
3. まとめ

今回設工認での評価手法は既認可の評価手法と比較すると計算過程は異なるが、常時作用する荷重及び降下火砕物等堆積による鉛直荷重により部材に発生する応力等が許容限界である短期許容応力度を超えないことを確認するという点では同じである。また、今回設工認での評価手法は規準に基づく手法もしくは既認可の耐震計算で使用実績がある手法である。

以 上

参考 1: 平屋根の評価例 (平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高
浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-06-08 「中央制御室遮蔽の耐震計算書」よ
り引用)

(1) 解析モデル



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) 応力の解析方法

(1) 応力解析方法

a. 荷重ケース

作用荷重のうち地震荷重は、固定荷重及び積載荷重と同じ下向きに作用する場合に生じる応力が最大となるため、地震荷重は鉛直下向きの場合のみ考慮する。

b. 入力荷重の算出方法

長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を鉛直震度により係数倍することで入力荷重を算出する。なお、長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力は「RC 規準」に準拠して算出する。長期荷重時の端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を第 4-23 表、鉛直震度より算出した端部モーメント、中央モーメント及びせん断力を第 4-24 表に示す。

- ・短辺の端部モーメント(M_{x1})

$$M_{x1} = -\frac{1}{12} w_x \cdot I_x^2$$

- ・短辺の中央モーメント(M_{x2})

$$M_{x2} = \frac{1}{18} w_x \cdot I_x^2$$

- ・短辺のせん断力(Q_{x1})

$$Q_{x1} = 0.52 \cdot w \cdot I_x$$

- ・長辺の端部モーメント(M_{y1})

$$M_{y1} = -\frac{1}{24} w \cdot I_x^2$$

- ・長辺の中央モーメント(M_{y2})

$$M_{y2} = \frac{1}{36} w \cdot I_x^2$$

- ・短辺のせん断力(Q_{y1})

$$Q_{y1} = 0.46 \cdot w \cdot I_x$$

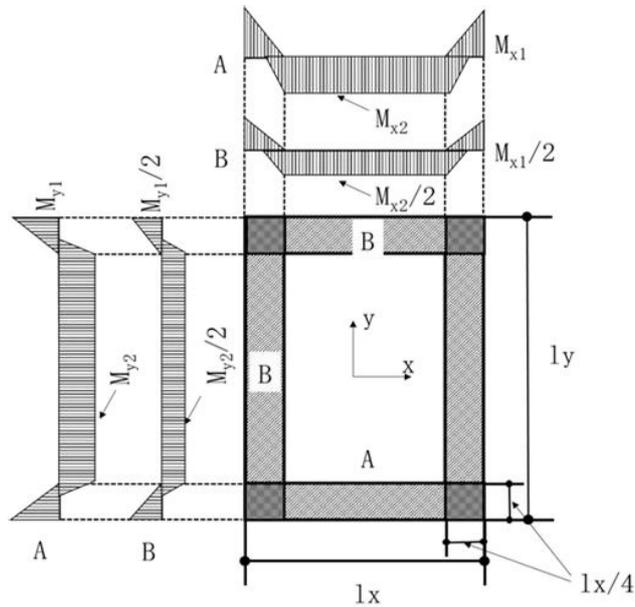
(注) RC 規準に基づく応力の算出方法を参考図に示す。

(3) 断面の評価方法

(2) 断面の評価方法

床スラブの断面の評価に用いる応力は、地盤剛性の不確かさを考慮した地震応答解析による応答値を地震荷重とした応力解析により算出する。

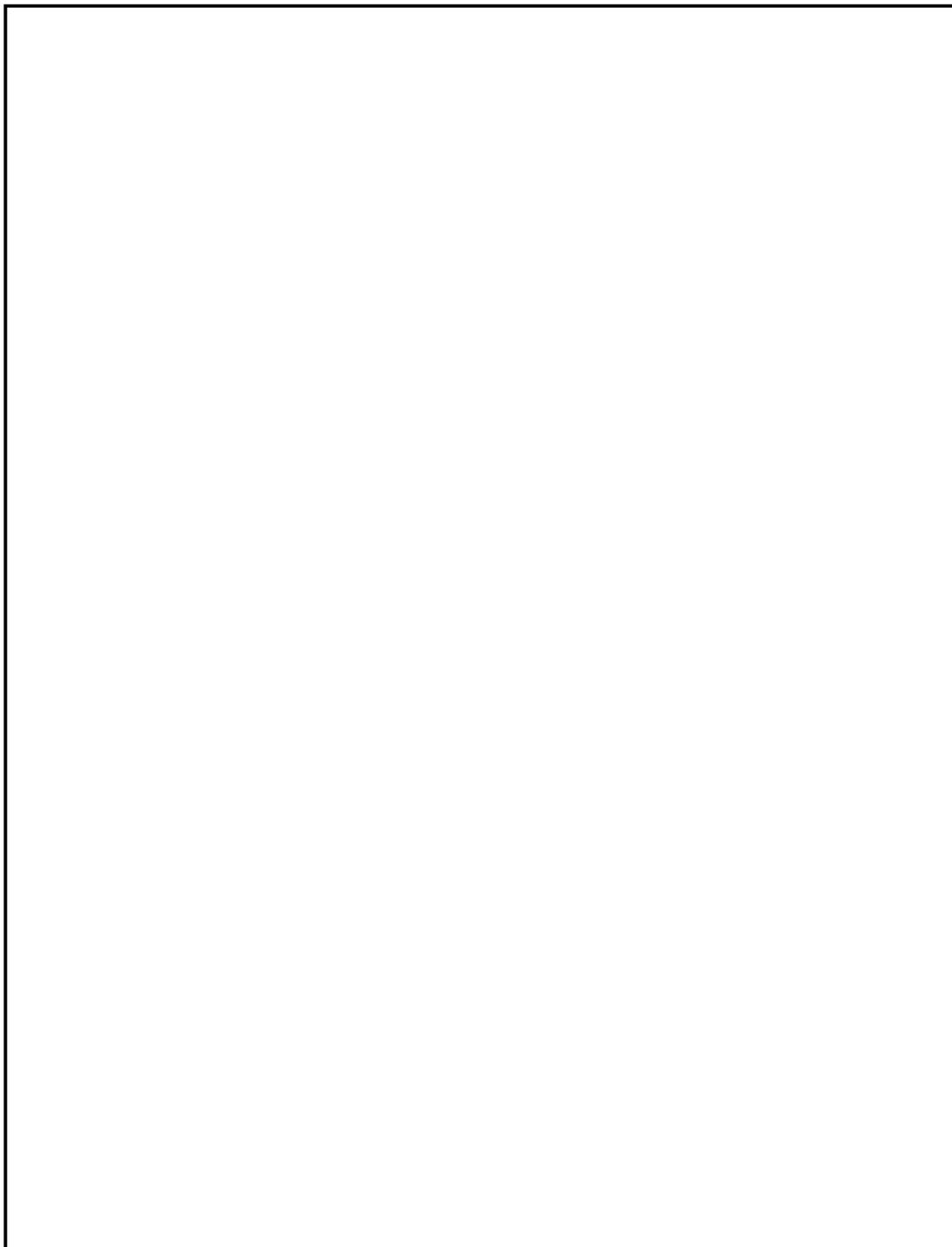
Ss 地震時について、曲げモーメントに対しては、「RC-N 規準」に基づいて算定した必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた許容せん断力を超えないことを確認する。

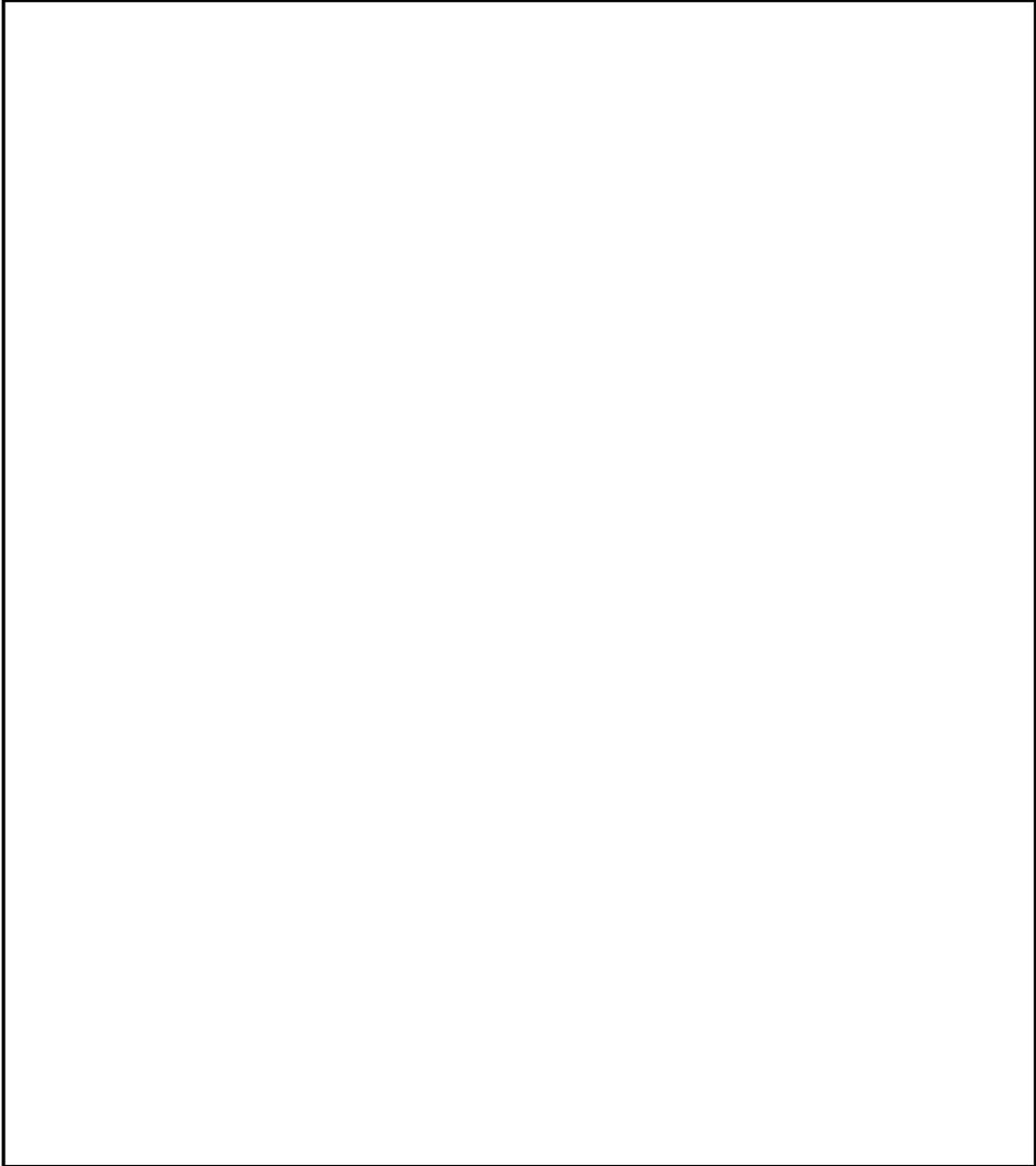


参考図 RC-N 規準に基づく応力の算出方法

参考 2：ドーム屋根の評価例（平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号にて認可された高浜発電所第 3 号機工事計画の資料 13-17-7-5「外部しゃへい建屋の耐震計算書」より引用）

(1) 解析モデル





枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) 応力の評価方法

(1) Sd 地震時に対する評価

Sd 地震時に対する評価は、ドーム部及びシリンダー部について 3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N 規準」等を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。

(3) 断面の評価方法

(1) Sd 地震時及び Sd 地震時+温度

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力と曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量 (At) を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量 (As) (面内せん断力はすべて鉄筋で負担) より、下式によって算定する。

$$A=(2At+As)/2$$

面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた短期許容せん断力を超えないことを確認する。