

| | |
|-------------|----|
| DNP 設工認審査資料 | |
| — | 参考 |
| 2021年11月10日 | |

美浜3号機、高浜1, 2, 3, 4号機、大飯3, 4号機
技術基準等への適合状況について
(大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応)

参考資料

<構造強度評価（建屋）に係る参考資料>

2021年11月

関西電力株式会社

< DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 47 >

既認可の建屋評価における設計用長期荷重 P_A と、今回設工認における常時作用する荷重 F_d の違いについて説明する。

<説明>

降下火砕物堆積時に対して、建屋の今回設工認での評価手法は、既認可の評価手法より変更している。既認可の評価手法及び今回設工認での評価手法の概要を第1図に示す。

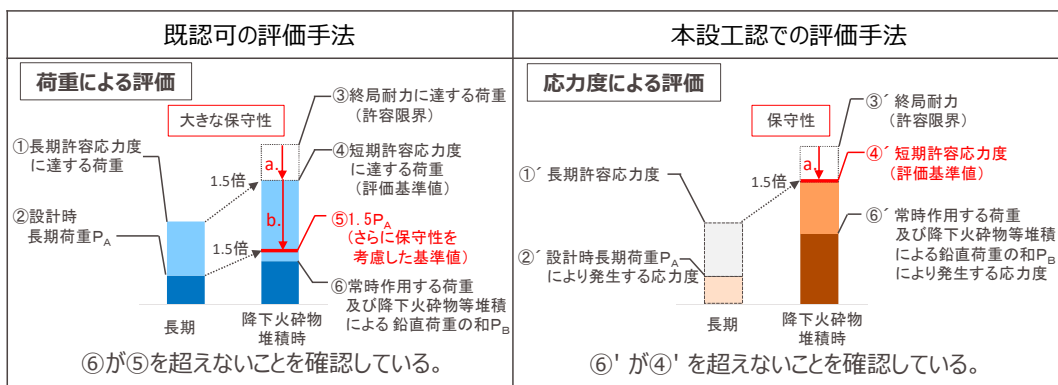
既認可の評価に用いる設計時長期荷重 P_A は、設計時の長期荷重として常時作用する荷重（固定荷重、積載荷重）と積雪荷重の和としている。一方、今回設工認における常時作用する荷重 F_d は常時作用する荷重のみとしており、降下火砕物堆積時には積雪荷重及び降下火砕物堆積による鉛直荷重を加えて評価を実施している。したがって、設計時長期荷重 P_A と常時作用する荷重 F_d は積雪荷重の考慮有無により差が生じる。

また、既認可の評価手法は、荷重による評価であり、設計時長期荷重 P_A として小さい値を使用するほど保守的な評価となることから、評価対象となる建屋ごとに最も小さい設計時長期荷重を P_A としている。一方、今回設工認での評価手法は降下火砕物等堆積により部材に発生する応力と許容値を直接比較する手法であり、裕度の小さい部材について評価結果を記載している。したがって、常時作用する荷重 F_d は、既認可の常時作用する荷重に対してスラブ厚が大きい部位である場合や、鉄骨梁自重等を考慮している場合があり、常時作用する荷重としても異なることがある。

その他、有効数字の処理（SI単位への変換処理や端数処理等）により、差が生じている場合がある。

以上より、既認可の建屋評価における設計用長期荷重 P_A と、今回設工認における常時作用する荷重 F_d は異なる値となる。

例として、代表プラントである高浜3,4号機のDB建屋のうち、積雪荷重の有無を除いて、もっとも差が小さい原子炉補助建屋と差が最も大きいディーゼル発電機建屋について、既認可の建屋評価における設計用長期荷重 P_A と常時作用する荷重 F_d の比較例を第1表に示す。



第1図 既認可の評価手法及び今回設工認での評価手法の概要

第1表 設計用長期荷重 P_A と常時作用する荷重 F_d の比較例

| 建屋 | 荷重 | | | |
|------------------------------|----------------------------|--|---|---|
| | 項目 | 記載値 (①) | 積雪荷重 (②) | 常時作用 する荷重 (①-②) |
| 高浜 3, 4 号機 原子炉補助建屋 | 既認可 (設計用長期荷重 P_A) | 8, 100 (N/m ²) | ^{※1} 2, 100 (N/m ²) (210(kg/m ²)) | ^{※1} 6, 000 (N/m ²) (600(kg/m ²)) |
| | 今回設工認 (常時作用する荷重 F_d) | 5, 903 (N/m ²) | — | ^{※2} 5, 903 (N/m ²) (600(kg/m ²)) |
| 高浜 3, 4 号機 ディーゼル 発電機建屋 | 既認可 (設計用長期荷重 P_A) | 10, 000 (N/m ²) | ^{※1} 2, 100 (N/m ²) (210(kg/m ²)) | ^{※1} 7, 900 (N/m ²) (790(kg/m ²)) |
| | 今回設工認 (常時作用する荷重 F_d) | ^{※3} 10, 641 (N/m ²) | — | 10, 641 (N/m ²) (1, 085(kg/m ²)) |

※1：重力加速度を 10(m/s²)として計算している。

※2：積載荷重のSI単位への換算時に計算途中で丸め処理している。

※3：積載荷重（鉄骨梁自重等）を加算している（重力単位系で加算したのちにSI単位へ換算）。

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 60 >

D N P 設置許可時のまとめ資料に記載されている建屋の成立性確認で実施した内容を説明する。

<説明>

D N P 設置許可時のまとめ資料では、成立性を確認する観点で建屋ごとの許容層厚を示した。また、参考として簡易的に換算し算出した発生値及び裕度をあわせて示した（参-1表、参-2表）。

以下、D N P 設置許可時のまとめ資料に示した値について説明する。

1. 許容層厚

D N P 設置許可時のまとめ資料では、構造強度評価の詳細は設工認段階で確認すべきものであるものの、評価対象となる建屋の成立性を確認する観点で、建屋ごとに許容層厚が各サイトの降灰層厚を上回ることを示した。

許容層厚については、既認可の評価手法である「荷重による評価」に基づき算出し、長期設計用荷重 P_A の1.5倍に達する時の降灰層厚を許容層厚とした。ただし、簡易な「荷重による評価」では成立性を確認できない建屋があることから、一部のサイト・施設については、部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を概算し許容層厚とした。D N P 設置許可時の許容層厚の算出方法について第1表に示す。

なお、今回設工認では、評価対象のすべての建屋について、部材に発生する応力等が許容値を超えないことを直接確認する「応力度による評価」を用いて構造強度評価を実施している。今回設工認での評価手法（詳細評価）を第1表にあわせて示す。

2. 発生値（換算値）

D N P 設置許可時のまとめ資料では、許容層厚に加えて、許容層厚堆積時の鉛直荷重と降灰層厚堆積時の鉛直荷重の比率から算出した裕度及びその裕度から逆算した発生値を換算値として示した。裕度は第1式により算出した。発生値への換算方法の概要図を第1図に示す。発生値（換算値）は許容値に裕度の逆数を乗じて簡易的に算出している。

$$\text{裕度} = W_v / W_t \quad (\text{第1式})$$

ここで、 W_v : 許容層厚堆積時の鉛直荷重(N/m²)※1

W_t : 降灰層厚堆積時の鉛直荷重(N/m²) ※1、2

※1 : 常時作用する荷重及び積雪荷重を含む

※2 : 降灰層厚は美浜 22cm、高浜 27cm、大飯 25cm

なお、上述のとおり、発生値（換算値）は簡易的に参考に算出した値であるため、詳細に評価した今回設工認の結果とは異なる。

第1表 DNP設置許可時の許容層厚の算出方法及び今回設工認での評価手法

| 項目 | サイト | 建屋 | 層厚見直し後の荷重による評価の結果 ^{※1} | DNP設置許可時の許容層厚の算出方法(成立性確認) | <参考>今回設工認での評価方法(詳細評価) |
|-------------|---------|----------|---|--|-------------------------------|
| DB | M3 | 外部しゃへい建屋 | ○ | 部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算 ^{※2} | 応力度による評価(部材に発生する応力等と許容値を直接比較) |
| | | 補助建屋 | ▲ | | |
| | | 燃料取扱建屋 | ▲ | | |
| | | 中間建屋 | ○ | | |
| | | ディーゼル建屋 | ▲ | | |
| | | 制御建屋 | ▲ | | |
| | T1 | 外部しゃへい建屋 | ○ | 部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算 ^{※2} | 応力度による評価(部材に発生する応力等と許容値を直接比較) |
| | | 補助建屋 | ▲ | | |
| | | 燃料取扱建屋 | ▲ | | |
| | | 中間建屋 | ○ | | |
| | | ディーゼル建屋 | ▲ | | |
| | | 制御建屋 | ▲ | | |
| | T2 | 外部しゃへい建屋 | ○ | 部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算 ^{※2} | 応力度による評価(部材に発生する応力等と許容値を直接比較) |
| | | 補助建屋 | ▲ | | |
| | | 燃料取扱建屋 | ▲ | | |
| | | 中間建屋 | ○ | | |
| | | ディーゼル建屋 | ▲ | | |
| | T34 | 外部しゃへい建屋 | ○ | 部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算 ^{※2} | 応力度による評価(部材に発生する応力等と許容値を直接比較) |
| | | 外周建屋 | ▲ | | |
| | | 燃料取扱建屋 | ▲ | | |
| | | 原子炉補助建屋 | ▲ | | |
| 中間建屋 | | ○ | | | |
| 燃料取替用水タンク建屋 | | ▲ | | | |
| 034 | 原子炉格納容器 | ○ | 長期設計用荷重 P_A の1.5倍に達する時の降灰層厚を許容層厚として算出 | 応力度による評価 ^{※3} (部材に発生する応力等と許容値を直接比較) | |
| | 原子炉周辺建屋 | ○ | | | |
| | 制御建屋 | ○ | | | |
| | 廃棄物処理建屋 | ○ | | | |
| ※4 SA | M3 | 緊急時対策所建屋 | ○ | 部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算 ^{※5} | 応力度による評価(部材に発生する応力等と許容値を直接比較) |
| | T1234 | 緊急時対策所建屋 | ○ | | |
| | 034 | 緊急時対策所建屋 | ○ | | |

※1: 「○」荷重による評価でも、降下火砕物堆積時に機能を維持できることを確認できる。

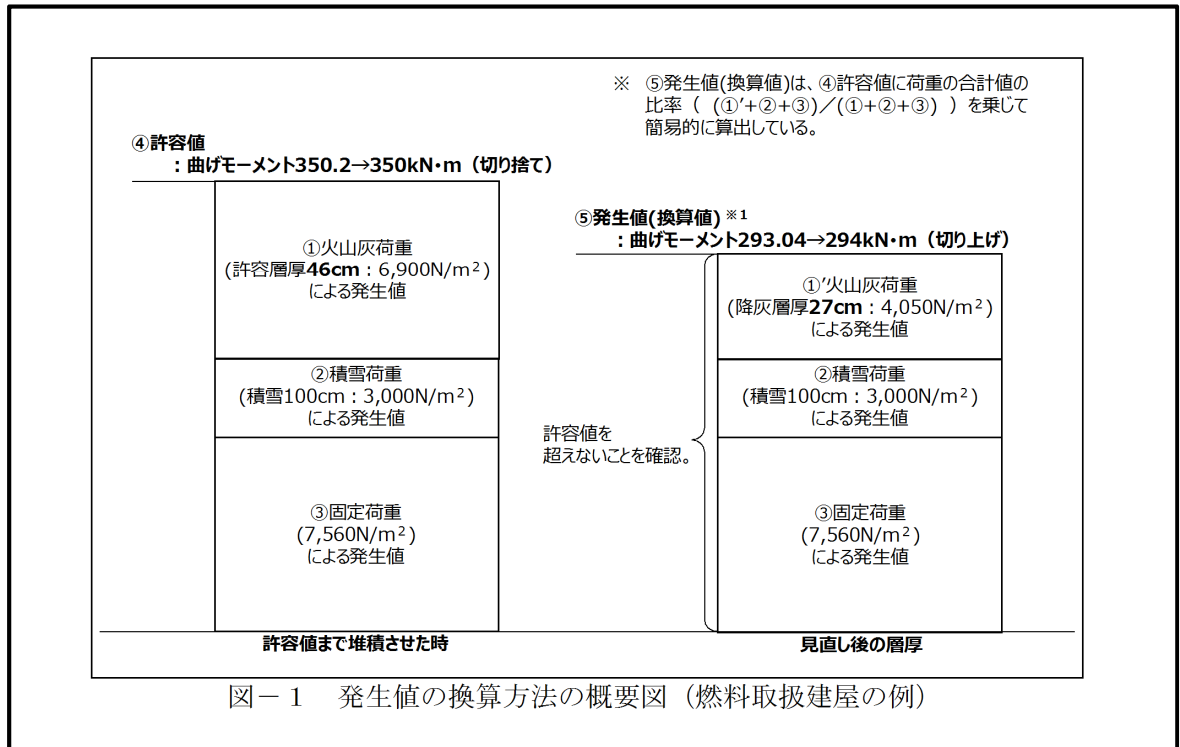
「▲」荷重による評価では、降下火砕物堆積時に機能を維持できないことを確認できない。

※2: 荷重による評価では成立性を確認できない建屋を含むサイトは、統一的に部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算している。

※3: 荷重による評価でも降下火砕物堆積時に機能を維持できることを確認できるものの、他サイトとの統一を図り応力度による評価を実施している。

※4: 特重建屋については、034のDB建屋と同様。

※5: 荷重による評価でも成立性を確認できるものの、DB建屋との統一を図り、部材が短期許容応力度に達する時の降灰層厚を許容層厚として概算している。



第1図 発生値の換算方法の概要図 (高浜3,4号機の例)

(2021年3月18日提出の高浜発電所3,4号炉 新知見への適合状況説明資料(DNPに対する防護) P23 より抜粋)

参-1 表 建物・構築物の許容層厚と火山灰の降灰層厚の比較

(2021年3月18日提出の高浜発電所3,4号炉 新見への適合状況説明資料(DNPに対する防護) P22 より抜粋)

| 建屋 | 許容層厚 (cm) ※ | 降灰層厚 (cm) |
|-------------|-------------|-----------|
| 外部しゃへい建屋 | 100 以上 | 27 |
| 外周建屋 | 54 | |
| 燃料取扱建屋 | 46 | |
| 原子炉補助建屋 | 100 以上 | |
| 中間建屋 | 100 以上 | |
| ディーゼル建屋 | 63 | |
| 燃料取替用水タンク建屋 | 100 以上 | |

※：応力度による評価

参-2 表 建物・構築物の降灰層厚での発生値と許容値の比較

(2021年3月18日提出の高浜発電所3,4号炉 新見への適合状況説明資料(DNPに対する防護) P23 より抜粋)

| 建屋 | 発生値※ | 許容値※ | 裕度 |
|-------------|-----------------------|-------------------------|------|
| 外部しゃへい建屋 | 軸力 243kN/m | 許容軸力 3,030kN/m | 12.5 |
| 外周建屋 | 曲げモーメント 364kN・m | 許容曲げモーメント 449kN・m | 1.23 |
| 燃料取扱建屋 | 曲げモーメント 294kN・m | 許容曲げモーメント 350kN・m | 1.19 |
| 原子炉補助建屋 | 曲げモーメント 12.5kN・m/m | 許容曲げモーメント 23.0kN・m/m | 1.84 |
| 中間建屋 | せん断力 253kN | 許容せん断力 427kN | 1.69 |
| ディーゼル建屋 | 曲げモーメント 409kN・m | 許容曲げモーメント 533kN・m | 1.30 |
| 燃料取替用水タンク建屋 | 曲げモーメント 383kN・m | 許容曲げモーメント 668kN・m | 1.74 |

※：許容値に対して発生値の割合が最も大きくなる評価項目について計算している。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 78>

トラスの検討結果が、どの部材か分かるようにする。

<説明>

建屋の評価対象部位について申請時点から考え方を変更し、トラス及び一次部材の梁は、降下火砕物堆積による鉛直荷重を直接負担する屋根スラブを受ける水平材として、屋根を構成する部材に含め評価対象部位とした。

ここで、高浜3,4号機の原子炉補助建屋のトラスについて、降下火砕物堆積による鉛直荷重に対する検討結果を第1表に示す。トラスの検討結果を記載した部材を第1図に示す。

第1表 トラスの検討結果

| 部位 | プラント | 建屋 | ①発生値 | ②許容値 | ①/② |
|-----|----------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|-------|
| トラス | 高浜 3,4号機 | 原子炉補助建屋 | 引張応力度 35.3N/mm ² | 短期許容引張応力度 323N/mm ² | 0.552 |
| | | | 曲げ応力度 143N/mm ² | 短期許容曲げ応力度 323N/mm ² | |



第1図 トラスの検討結果を記載した部材（高浜 3,4号機）

（平成 27 年 8 月 4 日付け原規規発第 1508041 号高浜 3 号機工事計画の
資料 13-17-6-8「中央制御室遮蔽の耐震計算書」より抜粋・加筆）

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。