

D N P 設工認審査資料	
—	参考
2022 年 2 月 8 日	

美浜 3 号機、高浜 1, 2 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

<建屋の評価方法に係る参考資料>

2022年2月

関西電力株式会社

< D N P 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。

(M3:通し P15、T12:通し P53, 54、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 133 >

建屋のトラスの評価で用いている比率 α の算出過程を記載する。

(M3:通し P13、T12:通し P51、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 139 >

建屋の応力評価モデル端部の境界条件設定の考え方を補足説明資料として整理する。

(M3:通し P8~12、T12:通し P44~49、034:P95~P98)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 140 >

建屋のトラス評価に用いている設計時長期荷重（積載荷重、積雪荷重等）について、設計時からの変更有無を説明する。

(M3:通し P12~13、T12:通し P50、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 142 >

スラブについて、先に「固定とみなせない場合」を記載する構成に修正する。

(M3:通し P8、T12:通し P44、034:通し P95)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 143 >

S造の外周が「固定とみなせない場合」である説明について記載を充実する。

(M3:通し P8、T12:通し P44、034:通し P95)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 144 >

スラブで「固定ーピン」となる場合があることについて分かるように記載を充実する。

(M3:通し P8、T12:通し P44、034:通し P95)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 145 >

スラブの辺長比が 3 以下を四辺固定としている根拠を追記する。

(M3:通し P8, 11、T12:通し P44, 48、034:通し P95, 98)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 146 >

二次部材の梁について、両端ピンとする理由を追記する。

(M3:通し P9、T12:通し P45、034:通し P96)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 147 >

スラブを四辺固定としている場合、辺長比を表の備考に記載する。

(M3:通し P10、T12:通し P46、47、034:通し P97)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 149 >

一次部材の梁とトラスについて、建設時と再稼働時でモデルが異なる場合、D N P 評価として建設時が保守的または同等という記載を加える。

(M3:通し P12、T12:通し P49、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 150 >

「トラスのモデルが保守的」について具体的な説明を加える。

(M3:通し P12、T12:通し P49、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 151 >

トラスの詳細な評価結果はどの資料の図面及び強度計算書をみれば分かるのかを注意書きで記載する。

(M3:通し P13~16、T12:通し P51~P58、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 152 >

トラス評価について、根拠となる資料名の記載を充実する。

(M3:通し P13、16、T12:通し P51、P56~P58、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 153 >

トラス評価について、建設時の応力度についても根拠を示す。

(M3:通し P13、16、T12:通し P51、58、034:-(トラスなし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 154 >

各評価部位のタイトルに E L を記載する。

(M3:通し P15、18~25、T12:通し P53~54、60~65、70~74、034:通し P100~103)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 155 >

図面と表で高さが異なる理由を表の注釈として記載する。

(M3:通し P16、T12:通し P55、034:-(該当部材なし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 156 >

合成梁の断面係数を求めた数式と数式の根拠を示す。

(M3:通し P17、T12:通し P59、69、034:-(該当部材なし))

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 157 >

風荷重が作用する状況 (イメージ) が分かるようにする。

(M3:通し P30、T12:通し P78、034:通し P107)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 158 >

耐震壁のせん断スケルトンカーブについて、どの基準・指針類に従って設定しているか記載する。

(M3:通し P32、T12:通し P80、034:通し P109)

< D N P ヒアリング 自主的対応事項 No. 159 >

鉄骨架構の復元力特性について、評価結果に有意な差がないため、降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮しない理由を説明する。

(M3:通し P36~39、T12:通し P85~90、034:通し P114~119)

<回答>

建屋の強度評価方法に係る説明を充実するため、美浜3号機、高浜1,2号機及び大飯3,4号機の補足説明資料の補足3「建物・構築物への降下火砕物堆積による静的負荷に対する構造強度評価について」の記載を、それぞれ充実する。

以降、美浜3号機、高浜1,2号機及び大飯3,4号機の補足説明資料の抜粋を、それぞれ別紙1、別紙2、別紙3に示す。

美浜 3 号機

設計及び工事計画に係る補足説明資料

大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応

(抜粋)

2022年2月

関西電力株式会社

補足説明資料目次

- 補足 1 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しへの対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要
- 補足 2 構造強度の設計における除灰要員荷重の影響確認について
- 補足 3 建物・構築物への降下火砕物等堆積による静的負荷に対する構造強度評価について
- 補足 4 緊急時対策所建屋の腐食設計について
- 補足 5 設置許可との整合性について
- 補足 6 各影響因子の整理について
- 補足 7 構造強度の設計における保守性の担保について
- 補足 8 評価部位の網羅性について
- 補足 9 最新の気象データについて

建物・構築物への降下火砕物堆積による静的負荷に対する構造強度評価について

(目次)

補足3-1. 評価手法及び評価対象部位について

1. 概要
2. 評価対象とする建屋の選定（DNP許可内容の再確認（SA許可から変更なし））
3. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較
4. 今回設工認での評価手法の適用性
5. 評価対象部位の網羅性及び代表性
6. まとめ

別紙1 評価対象とする建屋の選定について

別紙2 評価手法の既認可実績の例

参考資料1 降下火砕物堆積時の柱の検討

参考資料2 降下火砕物堆積時の耐震壁及び基礎の検討

参考資料3 降下火砕物堆積時の接合部の検討

今回説明範囲（美浜3号機の補足説明資料(補足3)の記載を充実。）

補足3-2. 応力評価モデル及びその境界条件について

別紙1 四辺固定スラブの応力図

別紙2 原子炉補助建屋の梁(トラス)の応力評価について

参考資料 評価部位及び評価条件の詳細

補足3-3. 水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要
2. 評価条件
3. 評価に用いた質点系モデル
4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響
5. まとめ

応力評価モデル及びその境界条件について

建屋の屋根スラブ及び梁(トラスを含む)の応力評価モデル及びその境界条件の設定の考え方を以下に示す。

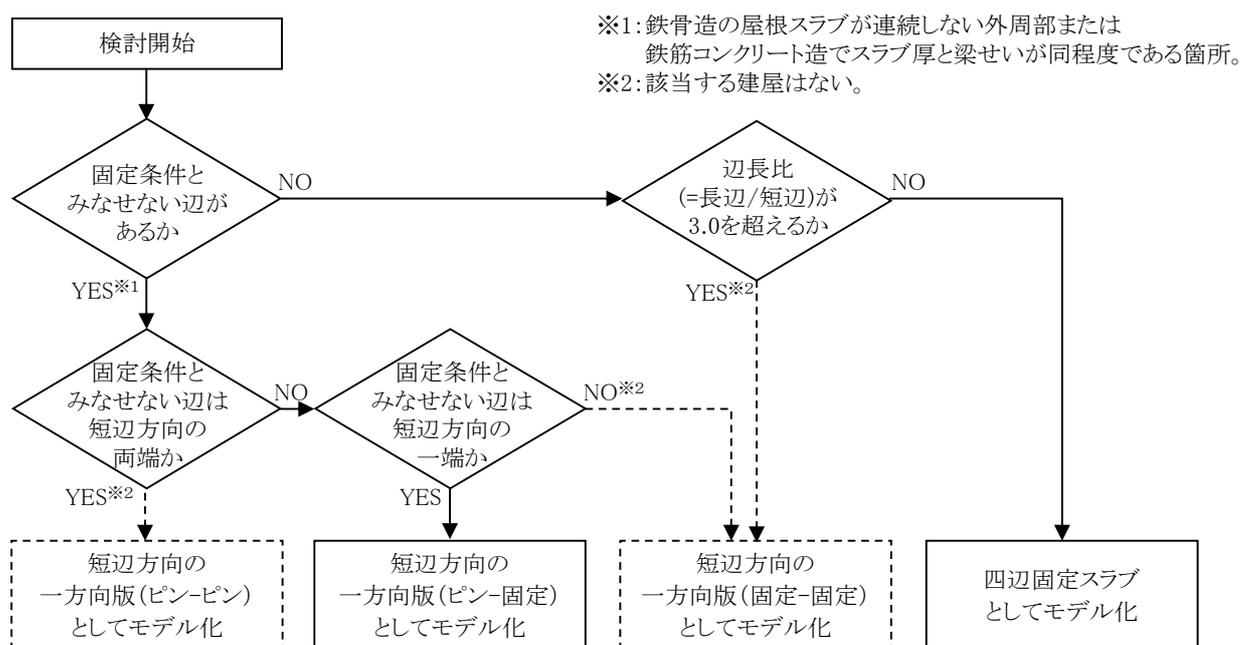
(1) 屋根スラブ

屋根スラブの応力評価モデルは、固定条件とみなせない辺の有無及び辺長比(=長辺/短辺)により、一方向版もしくは四辺固定スラブでモデル化する。固定条件とみなせない辺とは、鉄筋コンクリート造でスラブ厚と梁せいが同程度である箇所または鉄骨造で屋根スラブが連続しない外周部である。

応力評価モデルの考え方は、固定条件とみなせない辺を有する場合、短辺方向の一方向版としてモデル化する。境界条件は、短辺方向の各々の端部が固定条件とみなせない辺であるかに応じて、一方向版(ピン-ピン)、一方向版(ピン-固定)及び一方向版(固定-固定)から選定する。ここで、固定条件とみなせない辺をピン条件として設定することは、固定条件とする場合に比べ、部材に発生する応力の最大値が大きくなるため、保守的な評価となる。

4辺が固定条件とみなせる場合、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(社)日本建築学会(1991)」における四辺固定スラブの応力図(別紙1参照)が、辺長比3.0以下の範囲で記載されていることから、辺長比3.0を超える場合は一方向版(固定-固定)としてモデル化する。辺長比3.0以下の場合は四辺固定スラブとしてモデル化する。

屋根スラブの境界条件の検討フローを第1図に示す。



第1図 屋根スラブの境界条件の検討フロー

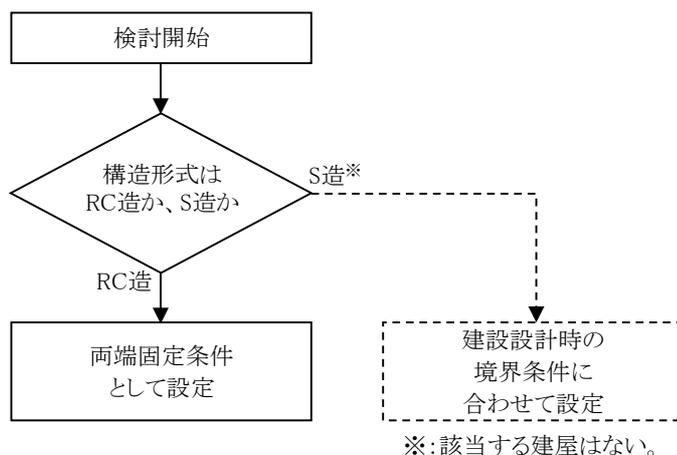
(2) 二次部材の梁

二次部材の梁の応力評価モデルは、**両端ピン条件の場合が最も曲げモーメントの最大値が大きくなることから**、鉄筋コンクリート造か鉄骨造によらず、境界条件を両端ピン条件として設定する。

(3) 一次部材の梁

一次部材の梁の応力評価モデルは、鉄筋コンクリート造の場合は、境界条件を両端固定条件として設定する。鉄骨造の場合は、建設設計時の境界条件に合わせる。

一次部材の梁の境界条件の検討フローを第2図に示す。



第2図 一次部材の梁の境界条件の検討フロー

(4) トラス

トラスの応力評価モデルは、建設設計時の応力評価モデルにおける境界条件に合わせる。なお、建設設計時の応力評価モデルを用いたトラスの応力評価の詳細を別紙2に示す。

各建屋の評価結果を記載する部材について、応力評価モデルにおける境界条件を第1表に示す。

第1表 応力評価モデルにおける境界条件（美浜3号機）

建屋	評価結果を記載する部位	境界条件	備考
外部しゃへい建屋	ドーム部	—※1	
補助建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン条件	
燃料取扱建屋※2	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン条件	
中間建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン条件	
ディーゼル建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン条件	
制御建屋	屋根スラブ	四辺固定スラブ	辺長比 □
	二次部材の梁	両端ピン条件	
緊急時対策所建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(RC梁)	両端固定条件	

※1：3次元FEMモデルを用いて応力評価。

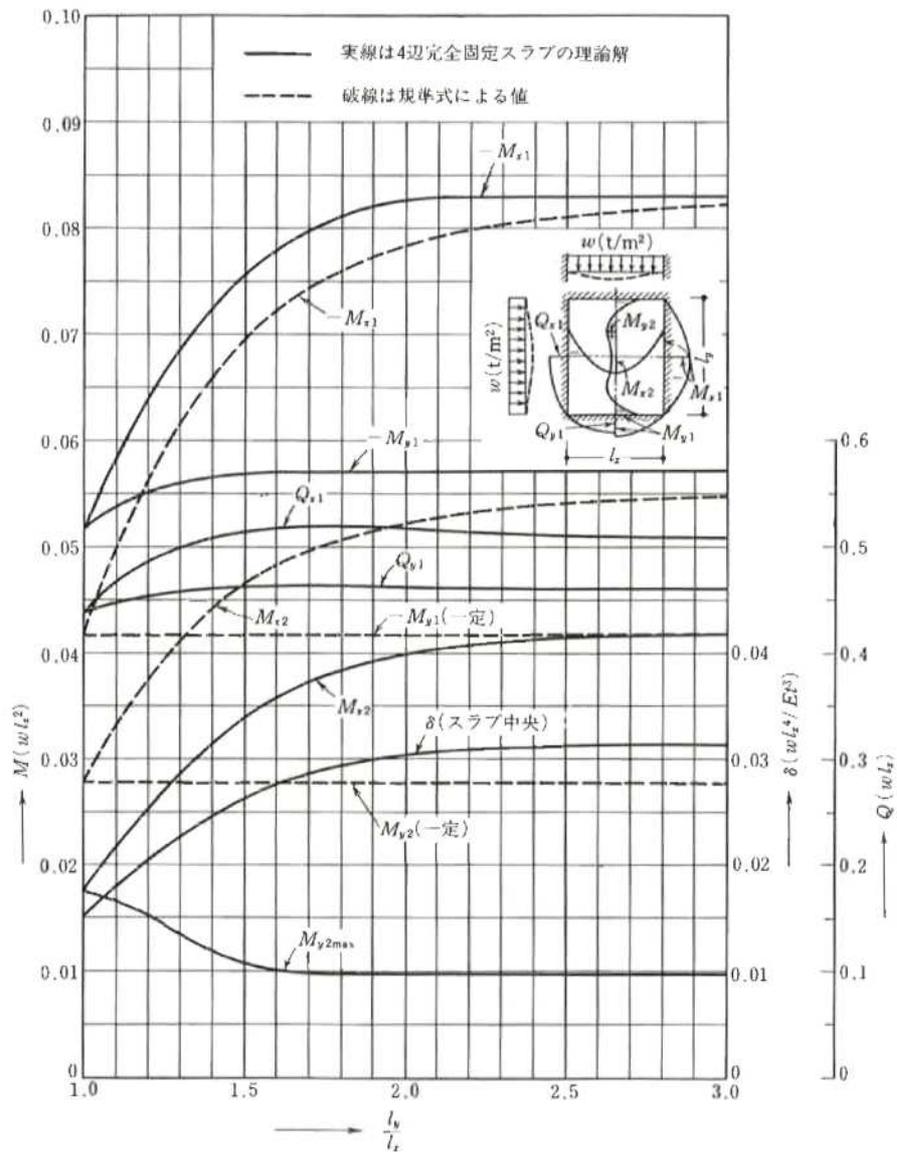
※2：梁(トラスを含む)のうち、二次部材の梁の検定比が最も大きいことから、トラスは強度計算書に評価結果を記載していない。トラスの評価結果を別紙2に示す。

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（社）日本建築学会（1991）」における
四辺固定スラブの応力図

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ — 475 —

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ

(E : コンクリートのヤング係数)
(t : スラブ厚)



付図 10.1 等分布荷重時 4 辺固定スラブの応力図と中央点のたわみ $\delta^{(1)}(\nu=0)$

燃料取扱建屋の梁(トラス)の応力評価について

燃料取扱建屋の梁(トラス)の評価において、降下火砕物等堆積時にトラス部材に発生する応力は、建設設計時の応力評価モデルから算出された設計時長期荷重 P_A により発生した応力に、設計時長期荷重 P_A に対する降下火砕物堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} の荷重比率 α を乗じて算出している。

トラスの応力評価モデル及び荷重比率 α について、詳細を下記に示す。

(1) 応力評価モデル

トラスを有する構面の概略軸組図を第 1 図に、建設設計時の応力評価モデルを第 2 図に、新規制基準適合時の工事計画の耐震評価における解析モデルを第 3 図に示す。

建設設計時は、設計時長期荷重 P_A を軸力として負担するトラス構造とすることから、下弦材の両端部材はモデル化せず、上弦材と柱をピン条件にて接続した応力評価モデルを用いて設計を実施している。

一方で、当該のトラスについては、新規制基準適合時の工事計画(平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜 3 号機工事計画の資料 13-18-2-2「燃料取扱建屋の耐震計算書」)において、基準地震動 S_s に対する評価を実施している。基準地震動 S_s による大きな水平力に対して、構造物全体が有する変形性能を適切に評価するため、実態を踏まえ、上弦材及び下弦材を柱と接続させた応力評価モデルを用いて評価している。

降下火砕物等堆積による荷重は、地震荷重のような水平方向ではなく、長期荷重と同様に鉛直方向に作用することから、今回の評価においては、建設設計時の応力評価モデルから算出された応力を用いることとする。なお、上弦材と柱をピン条件にて接続することは、設計時長期荷重 P_A によりトラスに作用する荷重を下弦材に期待せず、上弦材と斜材のみで負担し構造健全性を確認することとなるため、建設設計時の応力評価モデルは新規制基準適合時の工事計画の応力評価モデルに比べて保守的な評価となるモデルである。また、断面評価において、実際は屋根スラブが取り付けられているものの、保守的にトラス部材の断面のみを考慮し評価を行う。

(2) 荷重比率 α

設計時長期荷重 P_A は、常時作用する荷重及び積雪荷重の和としており、降下火砕物等堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} は、常時作用する荷重、積雪荷重及び降下火砕物による荷重の和としている。

$$P_A = \text{常時作用する荷重} + \text{積雪荷重 (70cm 相当)}$$

$$F_{ALL} = \text{常時作用する荷重} + \text{積雪荷重 (100cm 相当)} + \text{降下火砕物による荷重 (22cm 相当)}$$

$$\alpha = F_{ALL} / P_A$$

ここで、常時作用する荷重には屋根スラブの固定荷重、トラス自重及び積載荷重を面荷重として考慮している。

屋根スラブの固定荷重については、建設設計時より変更はない。なお、固定荷重の算定においては、保守的にデッキプレート凹部を含め、最大スラブ厚さで算定している。(第 4 図参照)

トラス自重については、新規制基準適合時の工事計画においてトラスの耐震補強を実施しているものの、上記のとおり屋根スラブの固定荷重を保守的に算定していることから、耐震補強による重量増加分はトラス自重に追加していない。(デッキプレート凹部の重量(約□N/m²) > 耐震補強による重量増加分(約□N/m²))

積載荷重については、建設設計時より変更はない。

また、積雪荷重については、建築基準法施行令では長期荷重時の低減係数 0.7 (多雪地帯の場合) を考慮できることとなっているが、福井県においては昭和 57 年以降「福井県積雪荷重等指導基準」に基づき、公共性のある建築物等については建築基準法施行令の低減係数の規定を適用しないこととされている。従って、昭和 56 年以前に設計された美浜 3 号機については、設計時長期荷重 P_Aにおける積雪荷重は、垂直積雪量 100cm に低減係数 0.7 を考慮した垂直積雪量 70cm 相当の荷重であり、降下火砕物等堆積時の鉛直荷重 F_{ALL}における積雪荷重は 100cm 相当の荷重である。

(3) 評価結果

燃料取扱建屋の梁(トラス)について、評価結果を記載する部材の位置を第 5 図に、評価条件を第 1 表に、評価結果を第 2 表に示す。

ここで、降下火砕物堆積時にトラス部材に発生する応力度は、下式により、発生応力を部材の断面積で除すことで算出する。ここで、降下火砕物堆積時の発生応力は、昭和 49 年 2 月 20 日付け 48 資庁第 4409 号にて工事計画が認可された美浜発電所 3 号機の燃料取扱建屋の設計時長期荷重によりトラス部材に生じる応力に、設計時長期荷重に対する降下火砕物堆積時の鉛直荷重の比を乗じることで算出する。

なお、荷重比率 α の算定に用いる荷重及び設計時長期荷重により発生する応力度には「原子炉補助建屋 構造計算書」の値を使用している。荷重比率 α の算定に用いる常時作用する荷重 (□N/m²) の根拠を第 6 図に、設計時長期荷重により発生する応力度の根拠を第 7 図に示す。

$$\sigma = N_0 \cdot \alpha / A$$

ここで、

σ : 降下火砕物等堆積時の荷重により発生する応力度 (N/mm²)

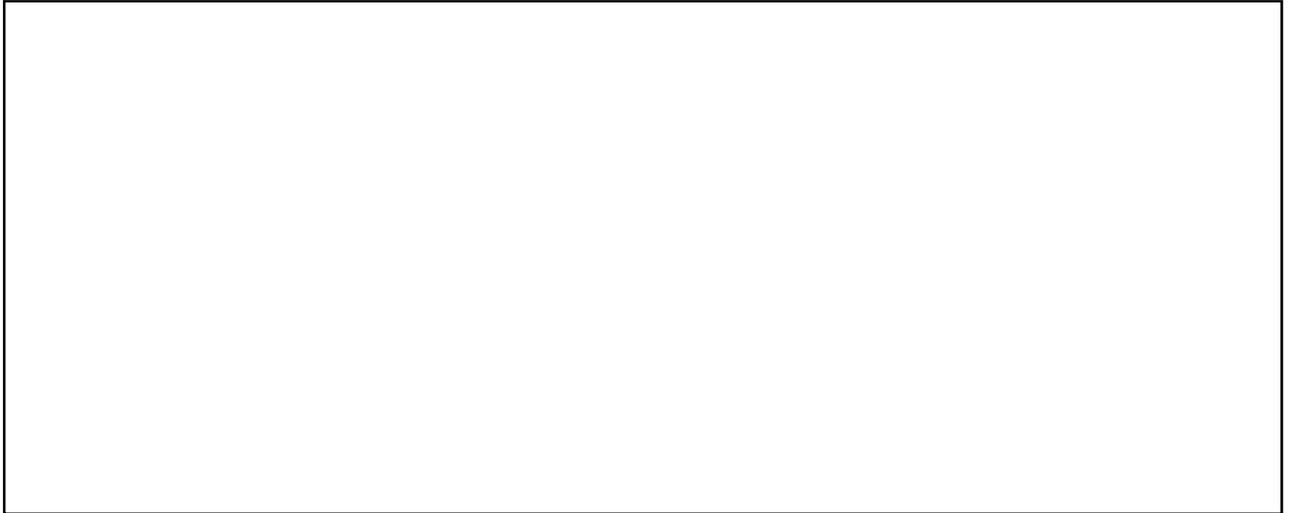
N₀ : 設計時長期荷重により発生する応力 (N) (軸応力: N₀ = □kN)

A : 部材の断面積 (mm²)

α : 設計時長期荷重^{※1}に対する降下火砕物等堆積時の鉛直荷重^{※2}の比

※1: □N/m² (= 常時作用する荷重 □N/m² + 積雪荷重 □N/m²)

※2: □N/m² (= 常時作用する荷重 □N/m² + 積雪荷重 □N/m² + 降下火砕物による荷重 □N/m²)



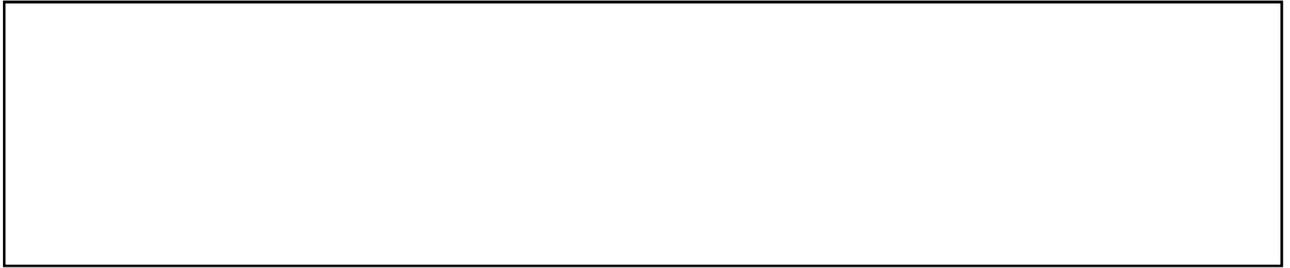
第1図 トラスを有する構面の概略軸組図（燃料取扱建屋）



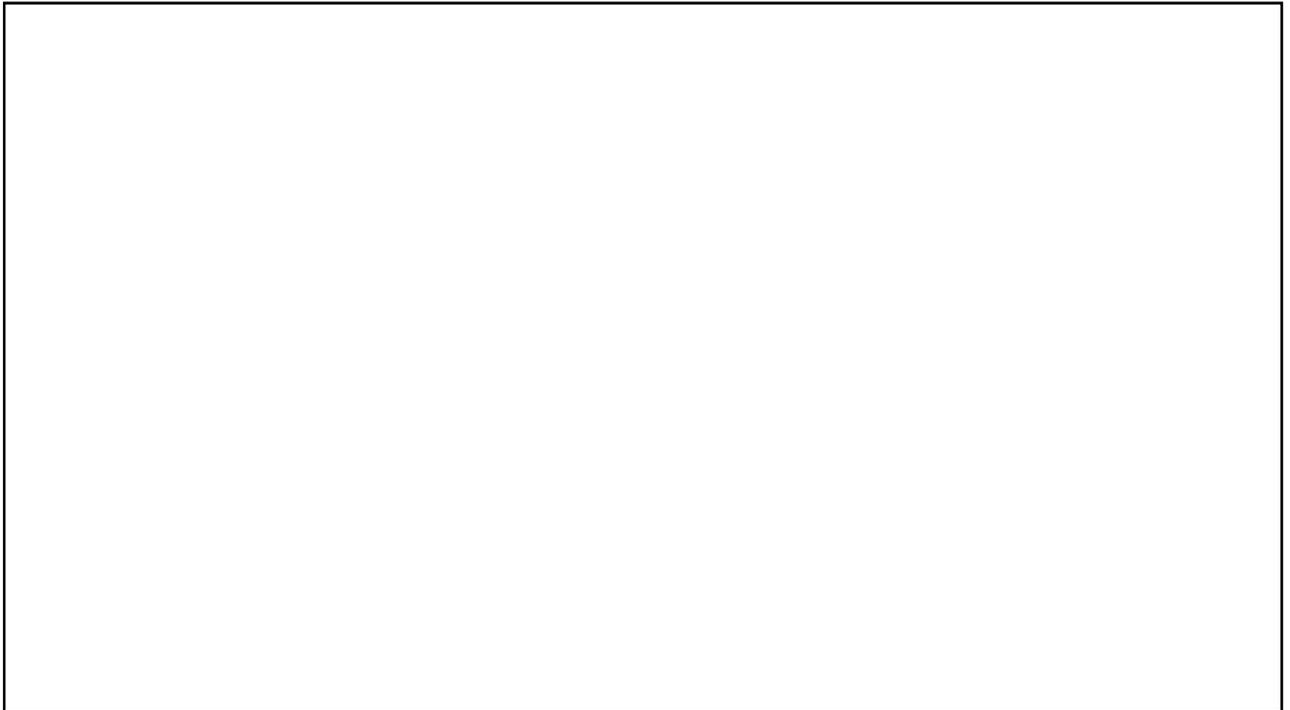
第2図 建設設計時の応力評価モデル（燃料取扱建屋）



第3図 耐震評価時の解析モデル（燃料取扱建屋）



第4図 屋根スラブ概略断面図



(a) 評価を記載する梁(トラス)位置 (E. L. m)



(b) 評価を記載する部材位置

第5図 燃料取扱建屋 梁(トラス)の評価を記載する部材の位置

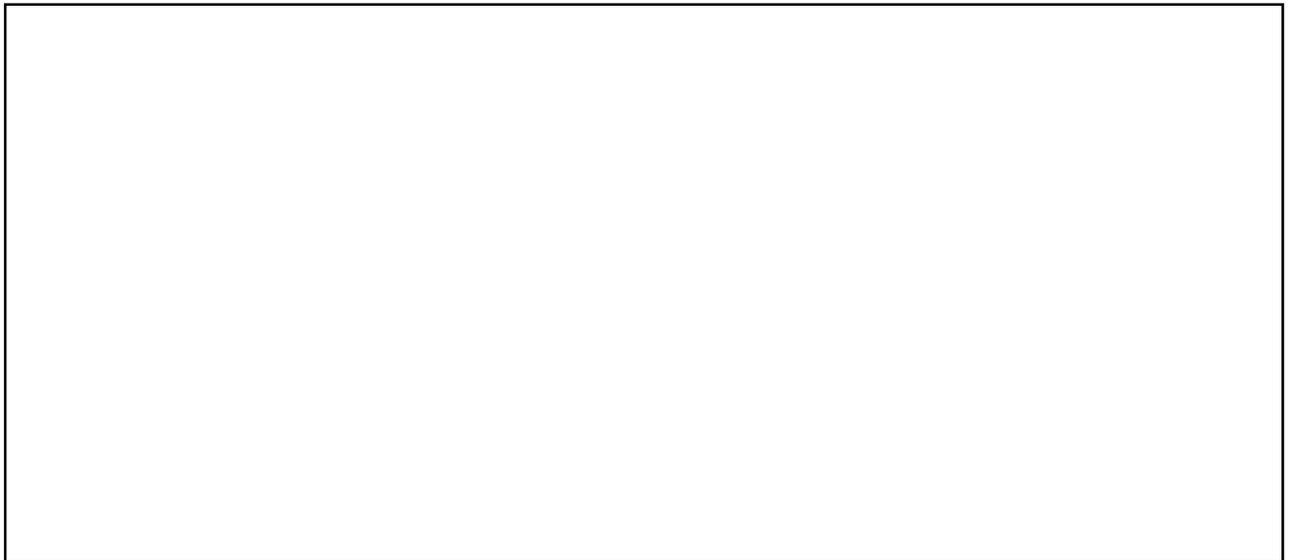
第1表 燃料取扱建屋の梁(トラス)の評価条件

評価対象部位	支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	軸断面積 (cm ²)	
E. L. <input type="text"/> m*	H-350x350x12x19	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2,030	172

※：当該トラスが支持するフロアレベルを示す。

第2表 燃料取扱建屋の梁(トラス)の評価結果

建屋	部位	検討項目	解析結果	評価基準値	検定比
燃料取扱建屋	梁(トラス)	圧縮応力度[N/mm ²]	165	231	0.714



第6図 荷重比率 α の算定に用いる常時作用する荷重の根拠

(「原子炉補助建屋 構造計算書」より抜粋)



第7図 設計時長期荷重により発生する応力の根拠

(「原子炉補助建屋 構造計算書」より抜粋)

評価部材の位置及び評価条件の詳細

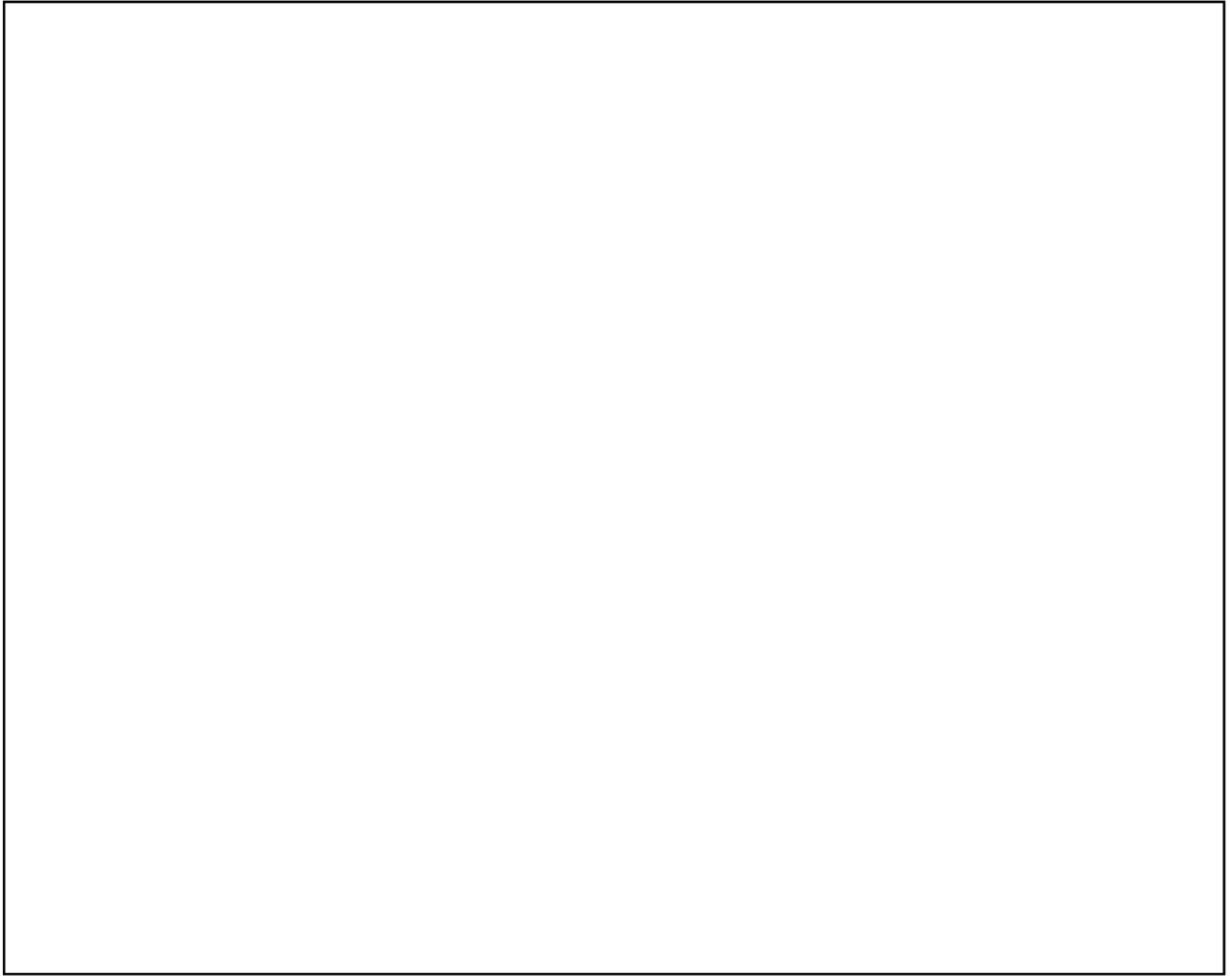
本資料は、資料 4 別添 1-4「建屋の強度計算書」に評価結果を記載した屋根スラブ及び梁(トラスを含む)の評価部材の位置及び評価条件を再掲し、一部説明を加え、補足するものである。評価部材の位置を参-1 図～参-12 図に、部材の評価条件を参-1 表～参-12 表に示す。なお、参-1 図～参-12 図及び参-1 表～参-12 表に示している評価部材の高さは、当該スラブの上面または当該梁(トラスを含む)が支持するフロアレベルとしている。

また、S 梁については、「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会 (2010))」に基づき、S 梁と屋根スラブが一体となって曲げに抵抗する合成梁として評価する。参-2 表、参-4 表、参-6 表、参-8 表及び参-10 表に示す合成梁としての断面係数は、下式により算出した S 梁下端の断面係数である。

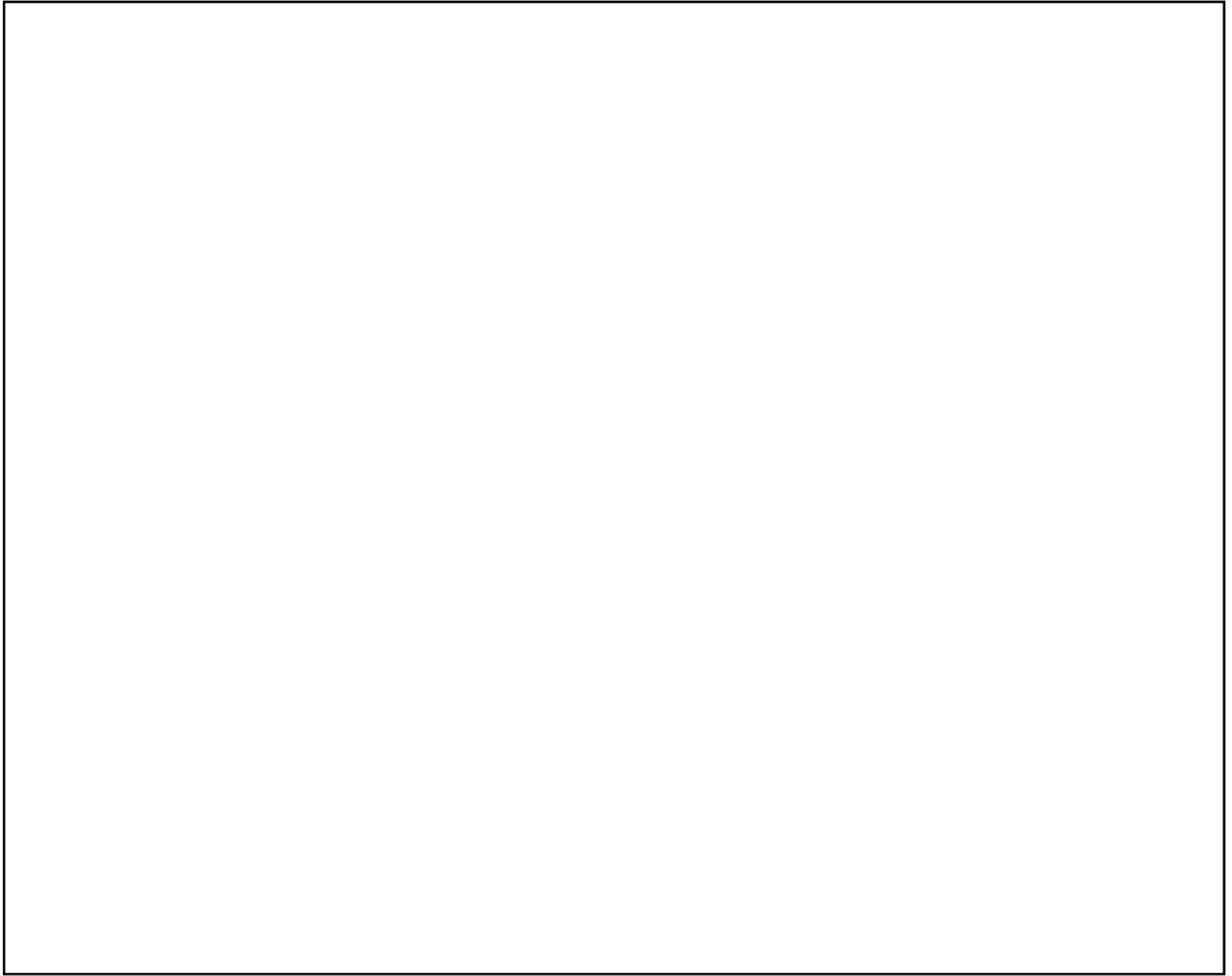
$${}_c Z_t = {}_c I_n / (D - x_n)$$

ここで、

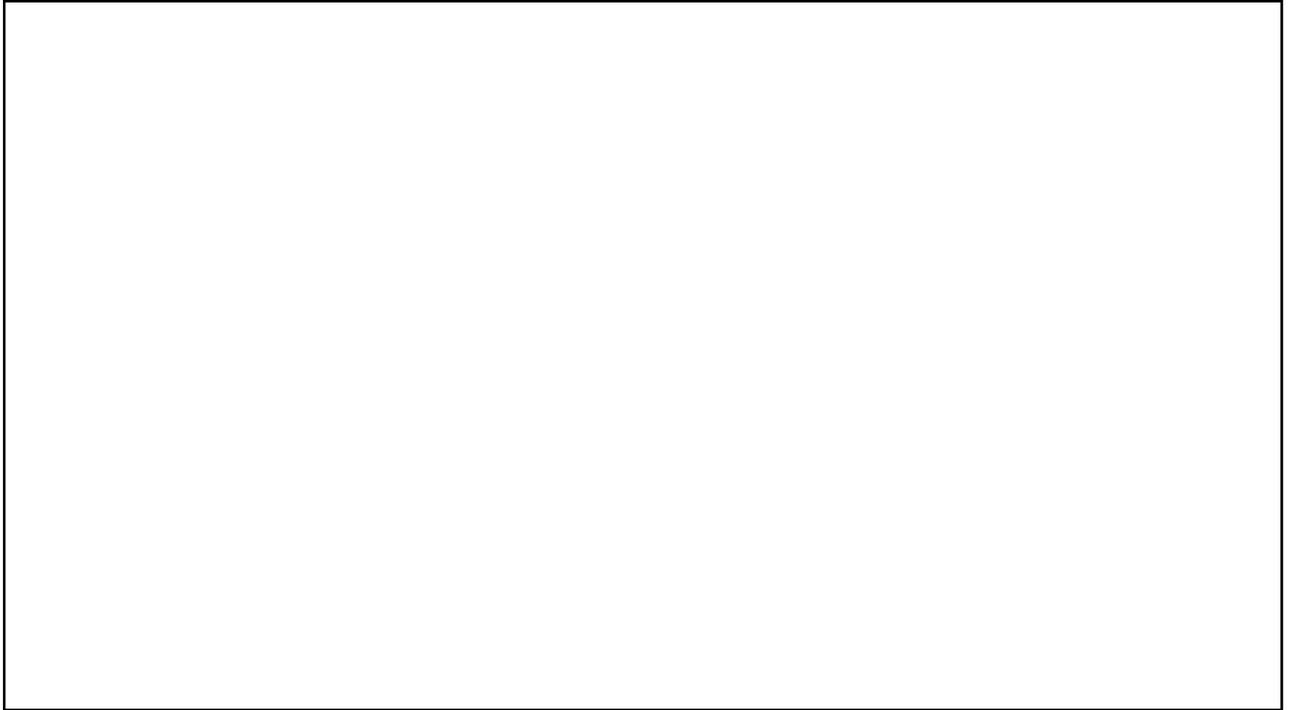
- ${}_c Z_t$: 合成梁の S 梁下端の断面係数 (cm³)
- ${}_c I_n$: 合成梁の断面二次モーメント (cm⁴)
- D : 合成梁の全せい (cm)
- x_n : 床スラブ上縁から中立軸までの距離 (cm)



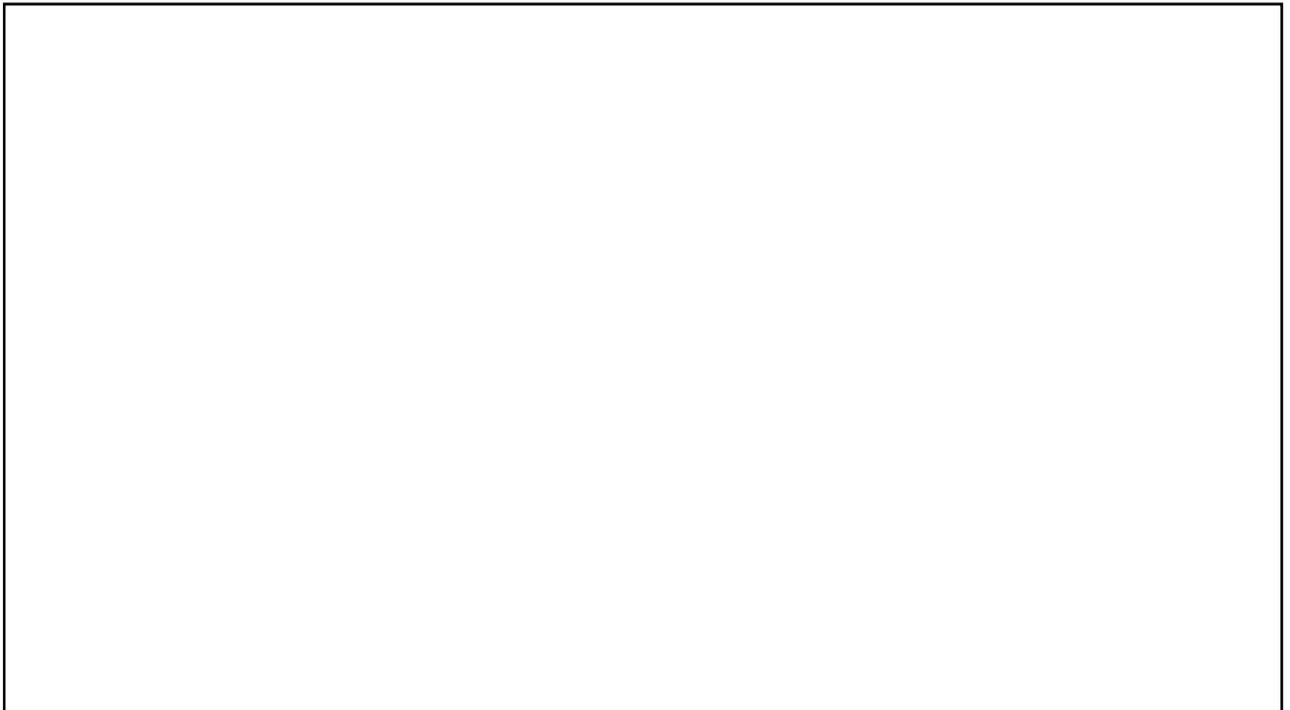
参-1 図 補助建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



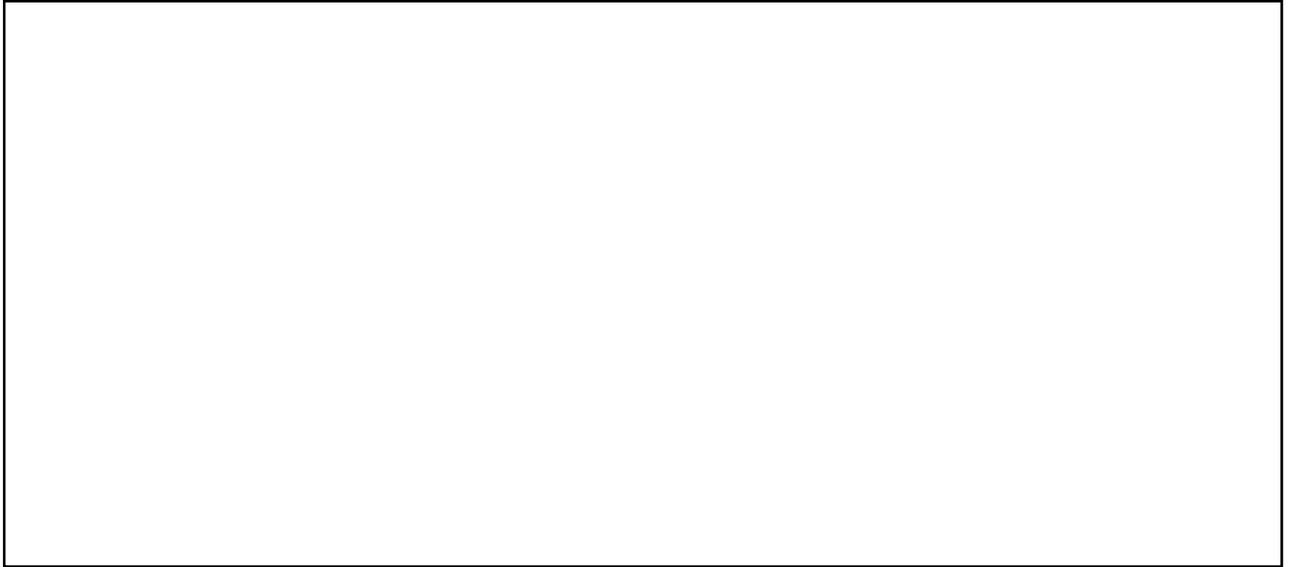
参-2 図 補助建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-3 図 燃料取扱建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



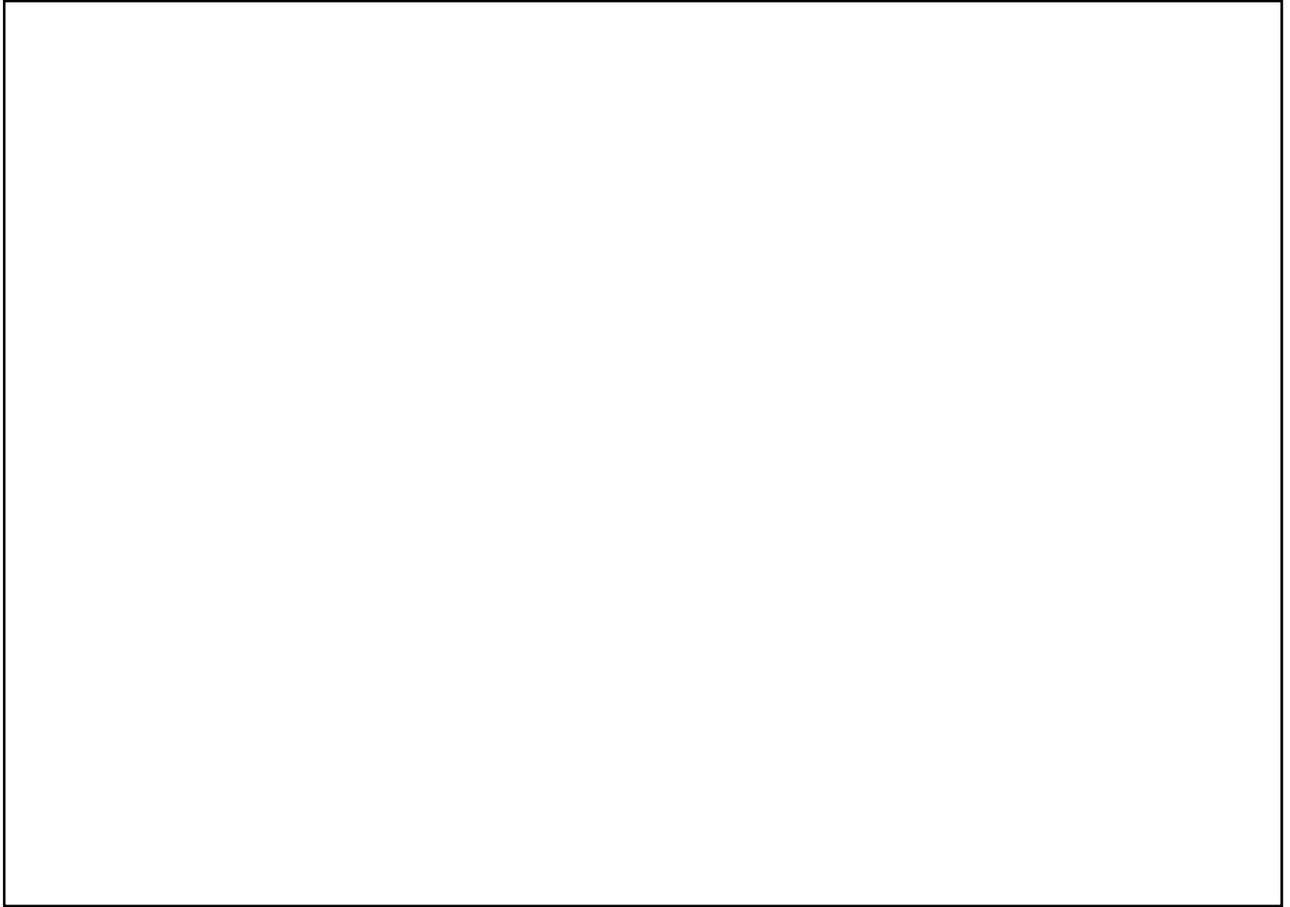
参-4 図 燃料取扱建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



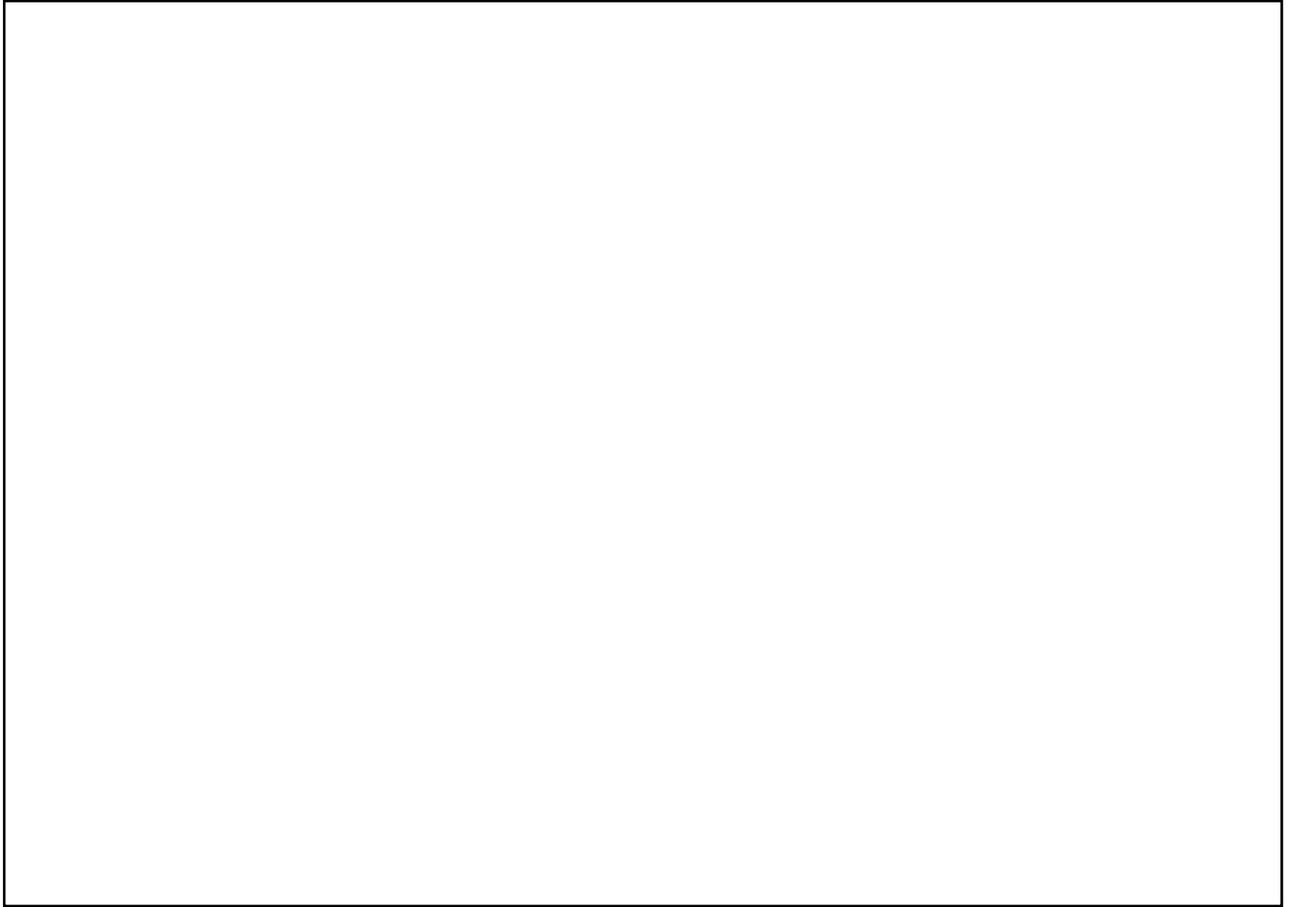
参-5 図 中間建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



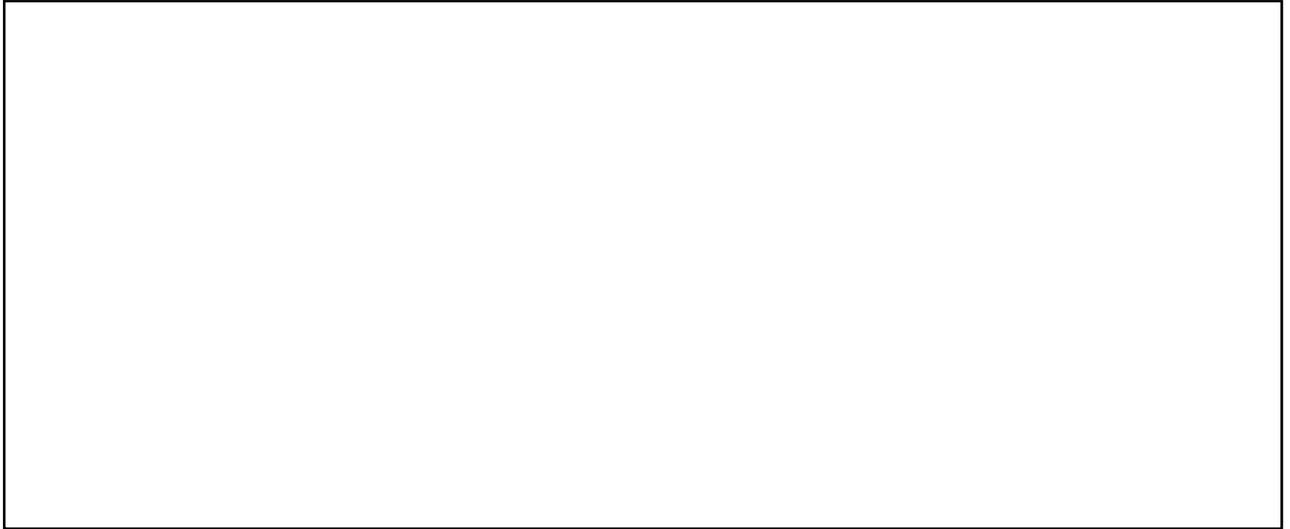
参-6 図 中間建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-7 図 ディーゼル建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



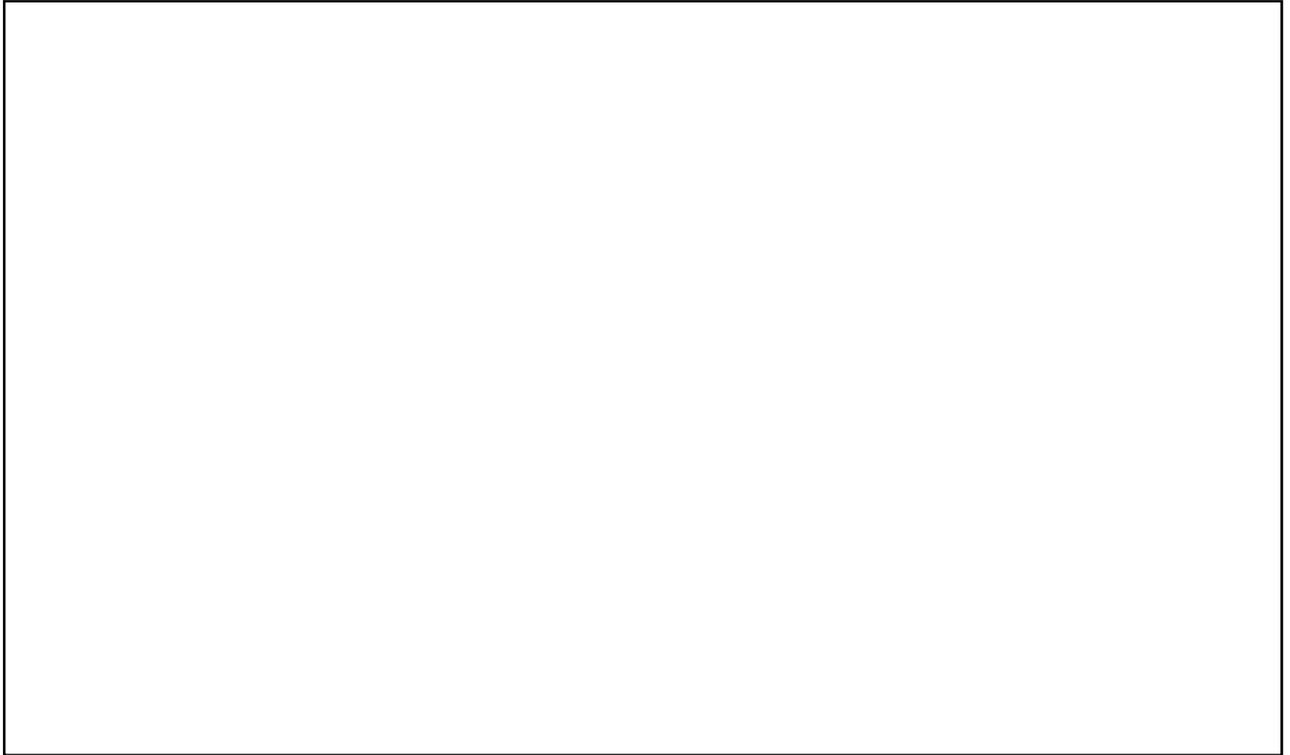
参-8 図 ディーゼル建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



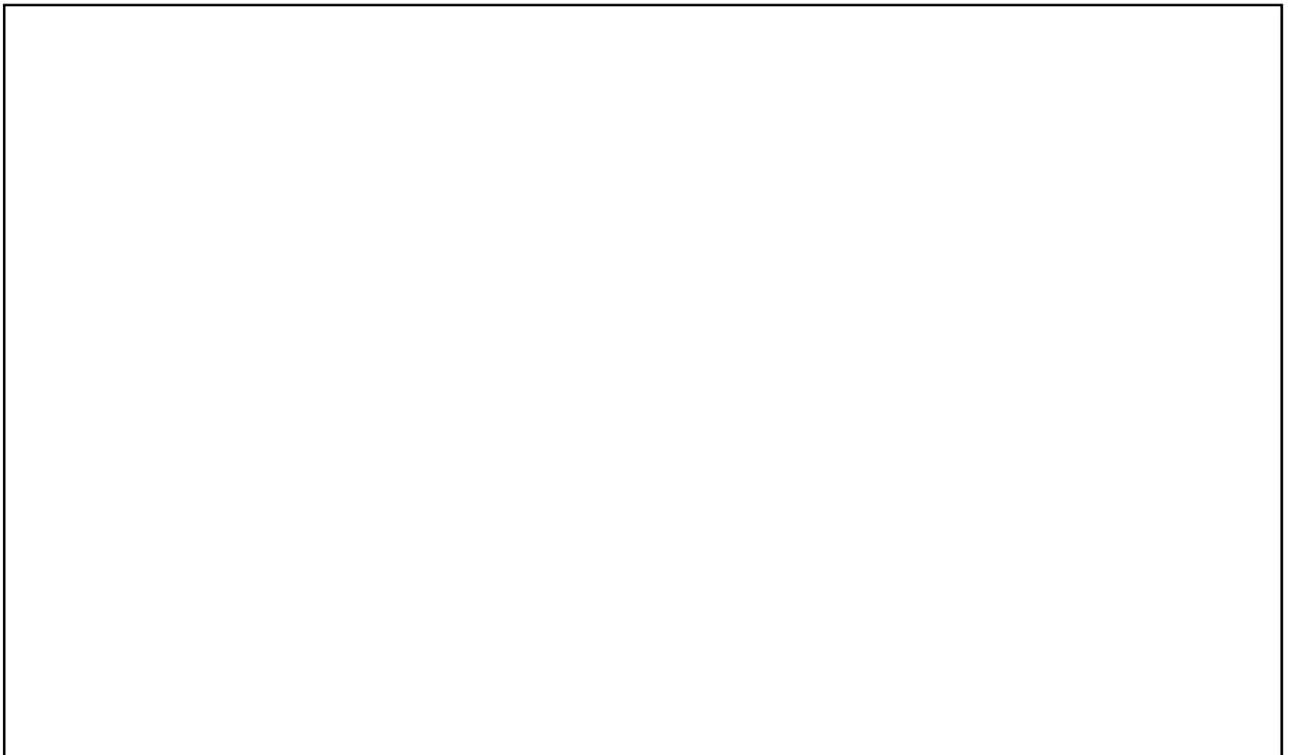
参-9 図 制御建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-10 図 制御建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-11 図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-12 図 緊急時対策所建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

参-1表 補助建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-2表 補助建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-340×250 ×9×14	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,969	2,160
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-3表 燃料取扱建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-4表 燃料取扱建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-350×175 ×7×11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,294	1,792
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-5表 中間建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@200	635

参-6表 中間建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-582×300 ×12×17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6,258	5,136
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@200	635

参-7表 ディーゼル建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-8表 ディーゼル建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-354×176 ×9×16	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,699	2,250
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-9表 制御建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@200	635

参-10表 制御建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-700×300 ×13×24	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7,212	6,292
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参-11表 緊急時対策所建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D25@150	3,380

参-12表 緊急時対策所建屋 梁 評価条件

評価対象部位	梁せい (mm)	有効せい (mm)	梁間寸法 (m)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8-D29	5,136

水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要

建屋の強度評価において、降下火砕物堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重のうち、風荷重に対しては、水平荷重に抵抗する耐震壁及び鉄骨架構を評価対象部位としている。

本資料では、耐震壁及び鉄骨架構の評価における評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性について説明する。

2. 評価条件

(本節の記載は、資料4別添1-4「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。)

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重である風荷重の算出に用いる記号を第1表のとおり定義する。基準風速は32m/sとする。また、風荷重の算出条件を第2表に示す。

第1表 風荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ²	受風面積 (風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第87条第2項に規定する数値
E _r	—	建設省告示第1454号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表わす係数
G	—	ガスト影響係数
H	m	全高
q	N/m ²	速度圧
V _D	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値

風荷重 W は、以下の式に従い算出する。全高 H が Z_b (5m) を超えるため、H が Z_b を超える場合の式を用いる。風荷重 W の算出は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数 C 及び受風面積 A に基づき実施(下図参照)し、風荷重 W の算出に用いる受風面積算定において、隣接する建屋の遮断効果は保守的に考慮しない。

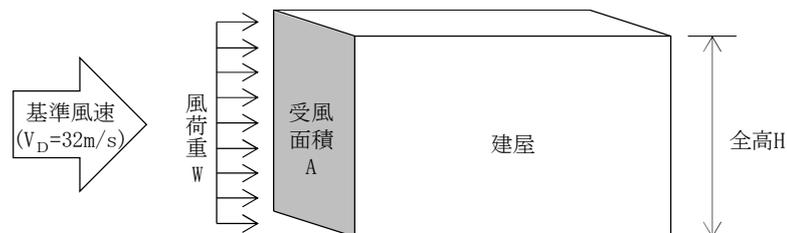
$$W = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/Z_G)^\alpha$$



風荷重の作用イメージ

第2表 風荷重の算出条件

施設名称	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_G (m)	α	ガスト影響 係数 G	速度圧 q (N/m^2)
外部しゃへい建屋	32		350	0.15	2.00	2,309
補助建屋					2.02	1,834
燃料取扱建屋					2.13	1,628
中間建屋 ディーゼル建屋 制御建屋					2.07	1,750
緊急時対策所建屋	32		450	0.20	2.50	929

3. 評価に用いた質点系モデル

(本節の記載は、資料4別添1-4「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。)

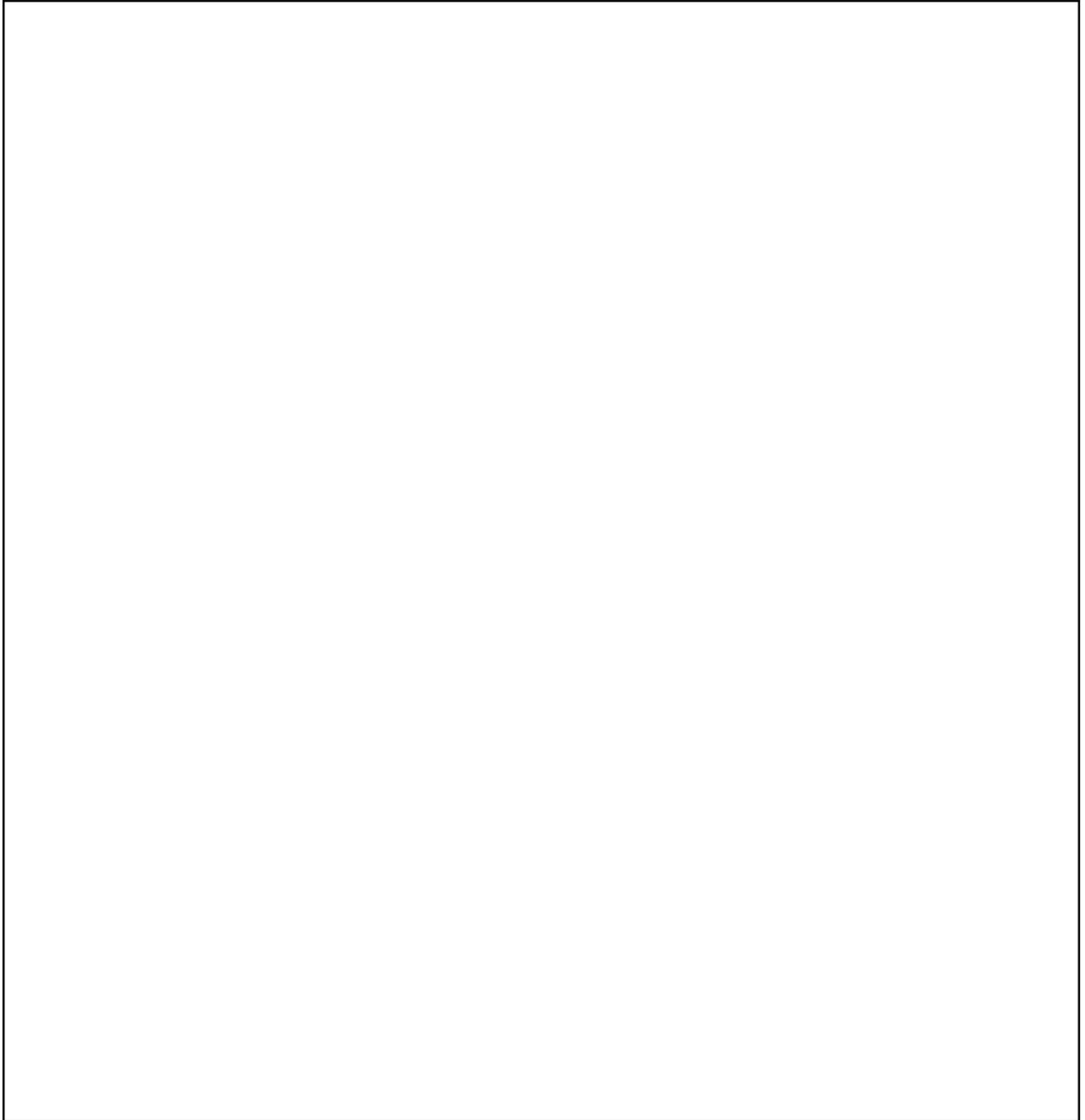
降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重(風荷重)に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価は、建屋の質点系モデルを用いて評価している。

耐震壁の評価は、風荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみを評価し、耐震壁のせん断ひずみの評価基準値(せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ)を超えないことを確認する。なお、各質点系モデルの復元力特性の設定においては、降下火砕物等堆積による軸力を考慮すると第1折点の増大が見込まれるため、保守的に降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮しない。

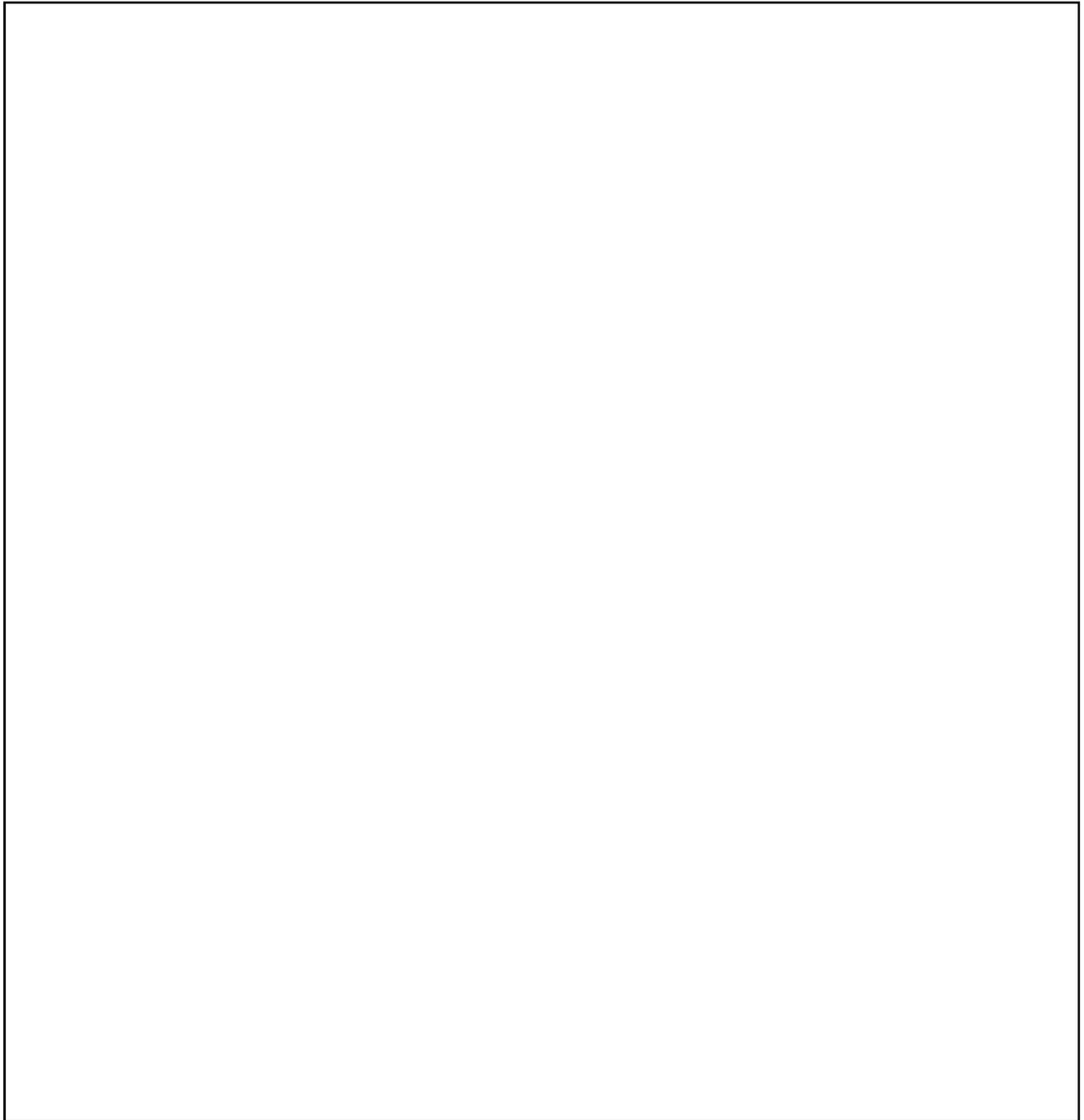
鉄骨架構の評価は、風荷重により鉄骨架構に発生する層間変形角を評価し、鉄骨架構の最大層間変形角の評価基準値(1/200)を超えないことを確認する。なお、降下火砕物堆積による軸力を考慮すると各質点系モデルの復元力特性に差異が見込まれるが、評価結果に有意な差はないことから、本評価では降下火砕物堆積による鉛直荷重を考慮しない。

外部しゃへい建屋の質点系モデル図を第1図に、補助建屋、中間建屋、燃料取扱建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の質点系モデル図を第2図に、緊急時対策所建屋の質点系モデル図を第3図に示す。

質点系モデルの詳細は、それぞれ平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可された美浜発電所第3号機工事計画の資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」、資料13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」及び資料13-16-6「緊急時対策所建屋の地震応答解析」による。



第1図 外部しゃへい建屋の質点系モデル図



第2図 補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の
質点系モデル図



第3図 緊急時対策所建屋の質点系モデル図

4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響

鉄骨架構の評価において、平成 28 年 10 月 26 日付け原規規発第 1610261 号にて認可された美浜発電所第 3 号機工事計画の資料 1 4 の補足説明資料「風荷重評価における降下火砕物等堆積時の鉄骨架構への影響について」（以下「既工認補足」という。）に示すとおり、評価結果に有意な差がないことから、降下火砕物堆積による鉛直荷重は考慮していない。

以降は、既工認補足の内容を再掲したものであり、降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない。

1. 風荷重評価における降下火砕物等堆積時の鉄骨架構への影響について

1.1. 鉄骨造建屋の構造概要

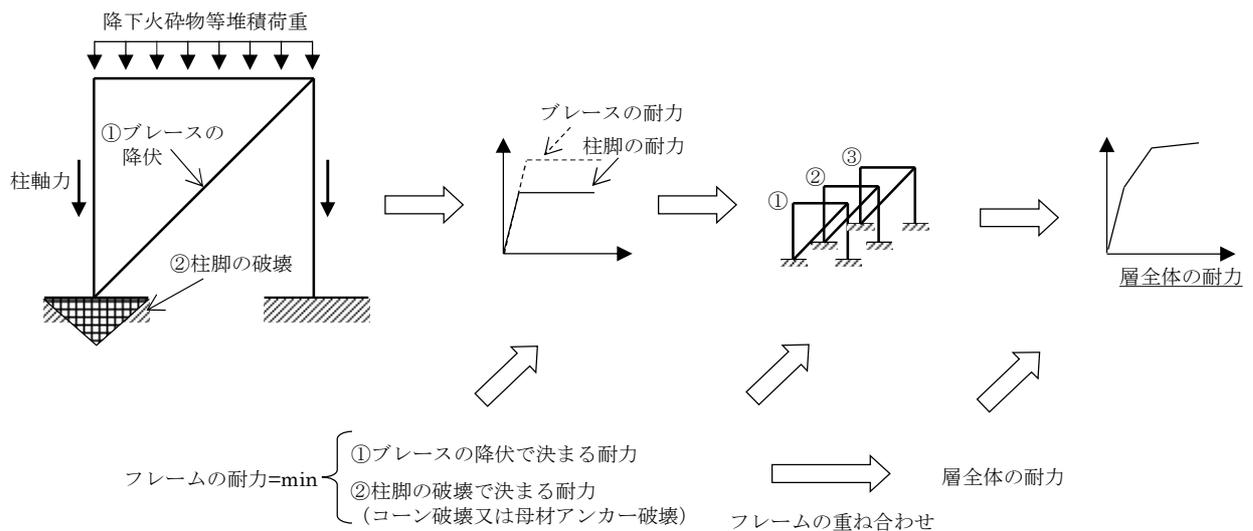
美浜発電所3号機の燃料取扱建屋、補助建屋、ディーゼル建屋の鉄骨造部分は、耐震ブレース構造であり、耐震ブレースが建屋の外壁部、内部にバランスよく配置されている。

ここでは、地震応答解析モデルにおけるスケルトンカーブの設定方法について示すことにより、建屋屋根部に降下火砕物等堆積荷重を受けた際の建屋への影響を確認する。

1.2. スケルトンカーブの設定方法

耐震ブレースの構面ごとの「せん断カー層間変形角関係」については、資料13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」に示すとおり、ブレースの耐力と柱脚の耐力のうち小さいものを採用し、各フレームの復元力特性を重ね合わせることで層全体のスケルトンカーブを設定している。

スケルトンカーブの設定方法イメージを第2-1図に示す。



第2-1図 スケルトンカーブの設定方法イメージ

ブレースの耐力 BQ_Y (N) は「建築耐震設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会、1990)」に基づき、下式により算定する。

$$167/\sqrt{F} \leq \lambda \text{ の場合} \quad BQ_Y = A_b \cdot F \cdot \cos \theta \quad (\text{引張型})$$

$$\lambda < 167/\sqrt{F} \text{ の場合} \quad BQ_Y = 2\sigma_{cr} \cdot A_b \cdot \cos \theta \quad (\text{引張・圧縮型})$$

ここで、 λ : 細長比

F : 鋼材の許容応力度の基準値 (N/mm²)

A_b : ブレース材の断面積 (mm²)

θ : ブレース材と水平面とのなす角

σ_{cr} : 座屈応力度 (N/mm²)

$$\lambda \leq \Lambda \text{ のとき } \sigma_{cr} = F \cdot \{1 - 0.4 \cdot (\lambda/\Lambda)^2\} / \{1 + (4/9) \cdot (\lambda/\Lambda)^2\}$$

$$\Lambda < \lambda \text{ のとき } \sigma_{cr} = E \cdot (6.83/\lambda^2)$$

Λ : 限界細長比 ($\Lambda = \sqrt{\pi^2 \cdot E / 0.6F}$)

E : 鋼材のヤング係数 (N/mm²)

また柱脚の耐力は、母材アンカー破壊で決まる耐力 P_{a1} (N) とコーン破壊で決まる耐力 P_{a2} (N) のうち小さいものを採用する。 P_{a1} 及び P_{a2} は、「各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会、2010 改定)」に基づき、下式により算定する。

$$P_{a1} = \phi_1 \cdot s\sigma_{pa} \cdot sc a$$

$$P_{a2} = \phi_2 \cdot c\sigma_t \cdot A_c$$

ここで、 ϕ_1 : 低減係数 ($\phi_1 = 1.0$)

ϕ_2 : 低減係数 ($\phi_2 = 2/3$)

$s\sigma_{pa}$: アンカーボルトの引張強度 (N/mm²)

$c\sigma_t$: コンクリートの引張強度 (N/mm²) ($c\sigma_t = 0.31\sqrt{F_c}$)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

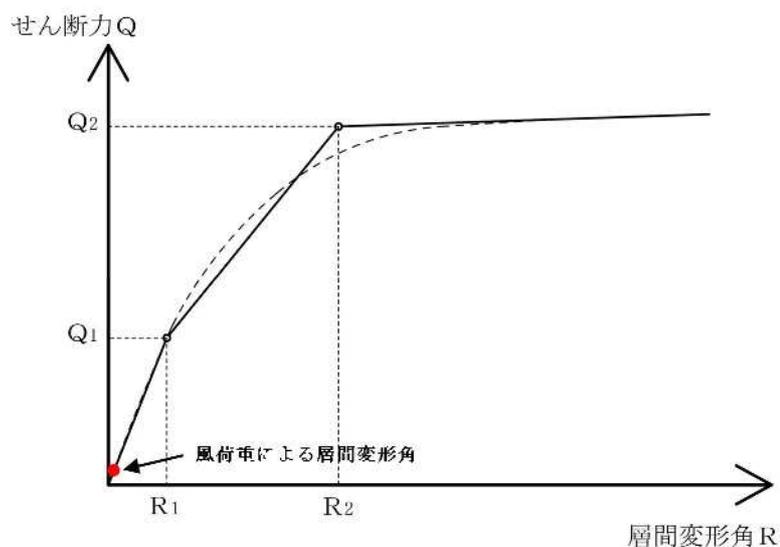
$sc a$: アンカーボルトの断面積 (mm²)

A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)

以上より、鉄骨架構に対する鉛直方向の荷重はブレース及び柱脚の耐力増減に寄与しないことがわかる。よって、降下火砕物等堆積に伴い柱軸力が増加した場合においても層全体のスケルトンカーブに変化は生じない。

また、風荷重による耐震ブレースの変形は弾性範囲内であり、原点付近の変形に留まる。

第 2-2 図に鉄骨架構のスケルトンカーブと風荷重による層間変形角のイメージを示す。



第 2-2 図 スケルトンカーブと風荷重による層間変形角のイメージ

1.3. 結論

美浜 3 号機の鉄骨造部分は耐震ブレース構造であり、層全体のスケルトンカーブはブレースの耐力と柱脚の耐力の小さいほうの耐力の合算で決まるが、いずれの耐力も鉄骨架構の柱の軸力増加による影響を受けず、層全体のスケルトンカーブに変化が生じないことを確認した。

なお、風荷重による耐震ブレースの変形は弾性範囲内であり、原点付近の変形に留まる。よって、降下火砕物等堆積荷重を受けた際に風荷重を受けても、建屋の健全性に影響はない。

以 上

5. まとめ

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について、評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性を確認した。

高浜 1, 2 号機

設計及び工事計画に係る補足説明資料

大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応

(抜粋)

2022年2月

関西電力株式会社

補足説明資料目次

- 補足 1 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しへの対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要
- 補足 2 構造強度の設計における除灰要員荷重の影響確認について
- 補足 3 建物・構築物への降下火砕物等堆積による静的負荷に対する構造強度評価について
- 補足 4 緊急時対策所建屋の腐食設計について
- 補足 5 設置許可との整合性について
- 補足 6 各影響因子の整理について
- 補足 7 構造強度の設計における保守性の担保について
- 補足 8 評価部位の網羅性について
- 補足 9 最新の気象データについて

建物・構築物への降下火砕物堆積による静的負荷に対する構造強度評価について

(目次)

補足 3-1. 評価手法及び評価対象部位について

1. 概要
2. 評価対象とする建屋の選定 (DNP 許可内容の再確認 (SA 許可から変更なし))
3. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較
4. 今回設工認での評価手法の適用性
5. 評価対象部位の網羅性及び代表性
6. まとめ

別紙 1 評価対象とする建屋の選定について

別紙 2 共用建屋の整理

別紙 3 評価手法の既認可実績の例

参考資料 1 降下火砕物堆積時の柱の検討

参考資料 2 降下火砕物堆積時の耐震壁及び基礎の検討

参考資料 3 降下火砕物堆積時の接合部の検討

今回説明範囲 (高浜 1, 2 号機の補足説明資料(補足 3)の記載を充実。)

補足 3-2. 応力評価モデル及びその境界条件について

別紙 1 四辺固定スラブの応力図

別紙 2 原子炉補助建屋の梁(トラス)の応力評価について

参考資料 1 評価部位及び評価条件の詳細 (高浜 1 号機)

参考資料 2 評価部位及び評価条件の詳細 (高浜 2 号機)

補足 3-3. 水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要
2. 評価条件
3. 評価に用いた質点系モデル
4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響
5. まとめ

応力評価モデル及びその境界条件について

建屋の屋根スラブ及び梁(トラスを含む)の応力評価モデル及びその境界条件の設定の考え方を以下に示す。

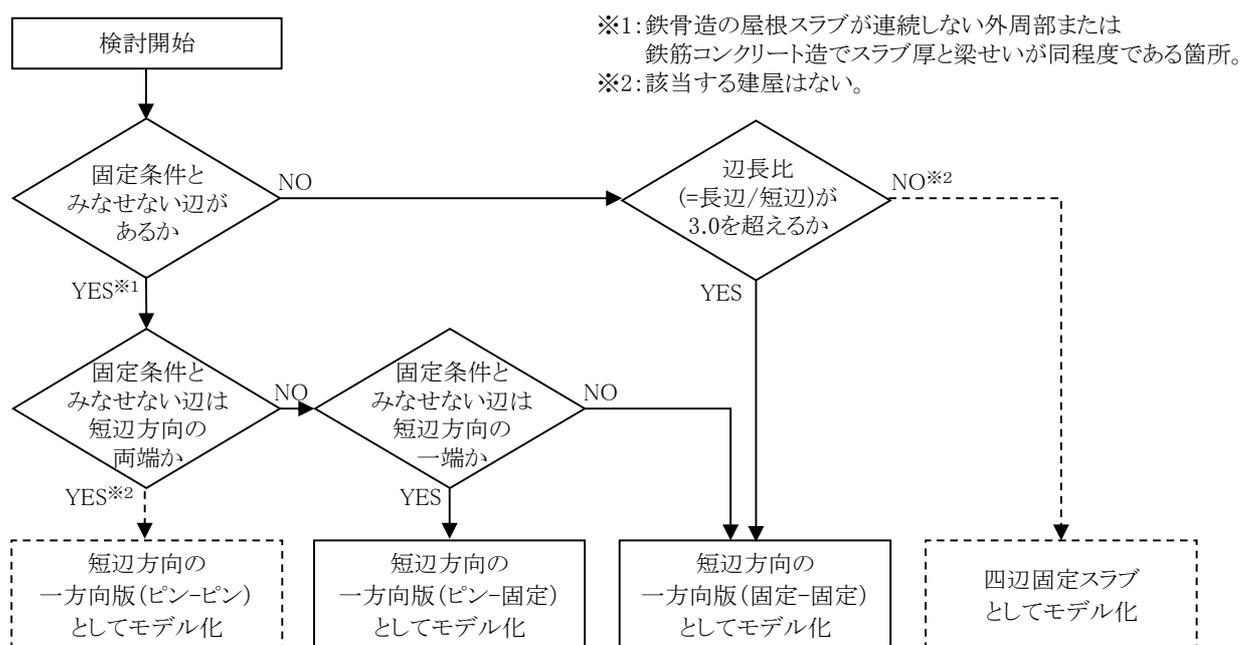
(1) 屋根スラブ

屋根スラブの応力評価モデルは、固定条件とみなせない辺の有無及び辺長比(=長辺/短辺)により、一方向版もしくは四辺固定スラブでモデル化する。固定条件とみなせない辺とは、鉄筋コンクリート造でスラブ厚と梁せいが同程度である箇所または鉄骨造で屋根スラブが連続しない外周部である。

応力評価モデルの考え方は、固定条件とみなせない辺を有する場合、短辺方向の一方向版としてモデル化する。境界条件は、短辺方向の各々の端部が固定条件とみなせない辺であるかに応じて、一方向版(ピン-ピン)、一方向版(ピン-固定)及び一方向版(固定-固定)から選定する。ここで、固定条件とみなせない辺をピン条件として設定することは、固定条件とする場合に比べ、部材に発生する応力の最大値が大きくなるため、保守的な評価となる。

4辺が固定条件とみなせる場合、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(社)日本建築学会(1991)」における四辺固定スラブの応力図(別紙1参照)が、辺長比3.0以下の範囲で記載されていることから、辺長比3.0を超える場合は一方向版(固定-固定)としてモデル化する。辺長比3.0以下の場合は四辺固定スラブとしてモデル化する。

屋根スラブの境界条件の検討フローを第1図に示す。



第1図 屋根スラブの境界条件の検討フロー

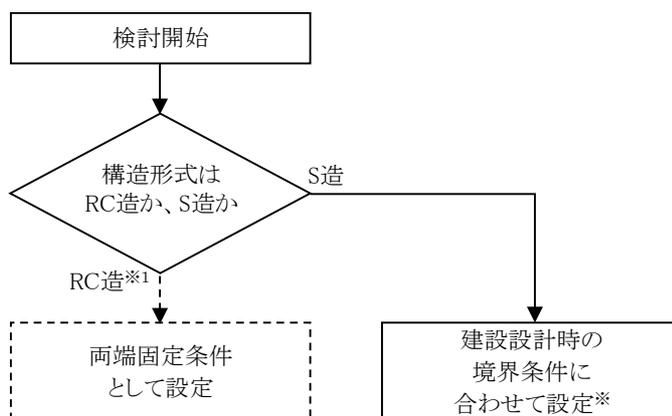
(2) 二次部材の梁

二次部材の梁の応力評価モデルは、**両端ピン条件の場合が最も曲げモーメントの最大値が大きくなることから**、鉄筋コンクリート造か鉄骨造によらず、境界条件を両端ピン条件として設定する。

(3) 一次部材の梁

一次部材の梁の応力評価モデルは、鉄筋コンクリート造の場合は、境界条件を両端固定条件として設定する。鉄骨造の場合は、建設設計時の境界条件に合わせる。

一次部材の梁の境界条件の検討フローを第2図に示す。



※1：該当する建屋はない。

※2：各建屋における建設設計時の境界条件は第1表参照。

第2図 一次部材の梁の境界条件の検討フロー

(4) トラス

トラスの応力評価モデルは、建設設計時の応力評価モデルにおける境界条件に合わせる。なお、建設設計時の応力評価モデルを用いたトラスの応力評価の詳細を別紙2に示す。

各建屋の評価結果を記載する部材について、応力評価モデルにおける境界条件を第 1 表及び第 2 表に示す。

第 1 表 応力評価モデルにおける境界条件（高浜 1 号機）

建屋	評価結果を記載する部位	境界条件	備考
外部しゃへい建屋	ドーム部	—※1	
補助建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(S 梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	
燃料取扱建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-固定)	
	トラス	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件※2)	
中間建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(S 梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	
ディーゼル建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン	
制御建屋 (1, 2 号機共用)	屋根スラブ	一方向版 (固定-固定)	
	一次部材の梁(S 梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	

※1：3次元 FEM モデルを用いて応力評価。

※2：建設設計時の応力評価モデルの詳細は、別紙 2 参照。

第2表 応力評価モデルにおける境界条件（高浜2号機）

建屋	評価結果を記載する部位	境界条件	備考
外部しゃへい建屋	ドーム部	—※1	
補助建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(S梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	
燃料取扱建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-固定)	
	トラス	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件※2)	
中間建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(S梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	
ディーゼル建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	一次部材の梁(S梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	

※1：3次元FEMモデルを用いて応力評価。

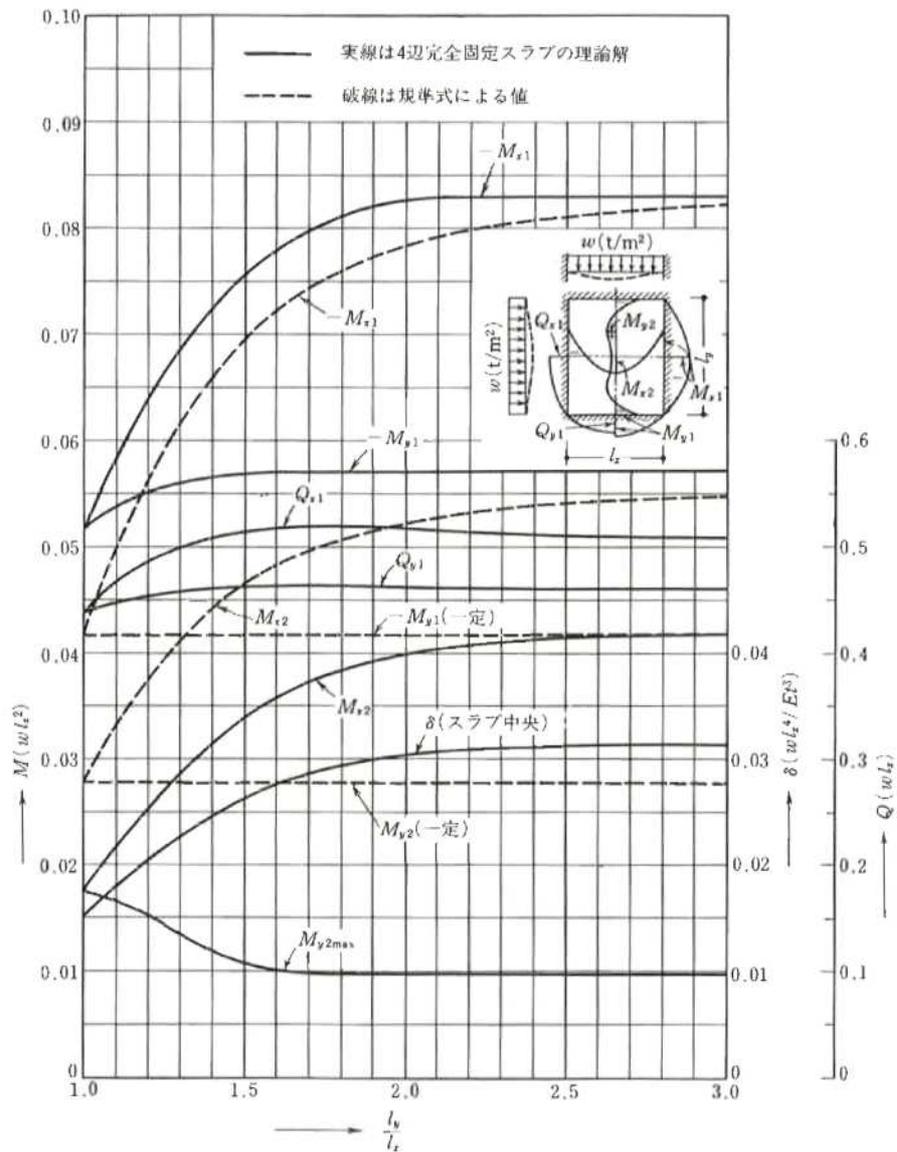
※2：建設設計時の応力評価モデルの詳細は、別紙2参照。

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（社）日本建築学会（1991）」における
四辺固定スラブの応力図

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ — 475 —

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ

(E : コンクリートのヤング係数)
(t : スラブ厚)



付図 10.1 等分布荷重時 4 辺固定スラブの応力図と中央点のたわみ $\delta^{(1)}(\nu=0)$

燃料取扱建屋の梁(トラス)の応力評価について

高浜 1 号機及び高浜 2 号機の燃料取扱建屋の梁(トラス)の評価において、降下火砕物等堆積時にトラス部材に発生する応力は、建設設計時の応力評価モデルから算出された設計時長期荷重 P_A により発生した応力に、設計時長期荷重 P_A に対する降下火砕物堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} の荷重比率 α を乗じて算出している。

トラスの応力評価モデル及び荷重比率 α について、詳細を下記に示す。

(1) 応力評価モデル

トラスを有する構面の概略軸組図を第 1 図に、建設設計時の応力評価モデルを第 2 図に、新規制基準適合時の工事計画の耐震評価における解析モデルを第 3 図に、高浜 1 号機を代表として示す。

建設設計時は、設計時長期荷重 P_A を軸力として負担するトラス構造とすることから、下弦材の両端部材はモデル化せず、上弦材と柱をピン条件にて接続した応力評価モデルを用いて設計を実施している。

一方で、当該のトラスについては、新規制基準適合時の工事計画(平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606104 号にて認可された高浜 1 号機工事計画の資料 13-18-2-2「燃料取扱建屋の耐震計算書」及び平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606105 号にて認可された高浜 2 号機工事計画の資料 13-18-2-2「燃料取扱建屋の耐震計算書」)において、基準地震動 S_s に対する評価を実施している。基準地震動 S_s による大きな水平力に対して、構造物全体が有する変形性能を適切に評価するため、実態を踏まえ、上弦材及び下弦材を柱と接続させた応力評価モデルを用いて評価している。

降下火砕物等堆積による荷重は、地震荷重のような水平方向ではなく、長期荷重と同様に鉛直方向に作用することから、今回の評価においては、建設設計時の応力評価モデルから算出された応力を用いることとする。なお、上弦材と柱をピン条件にて接続することは、設計時長期荷重 P_A によりトラスに作用する荷重を下弦材に期待せず、上弦材と斜材のみで負担し構造健全性を確認することとなるため、建設設計時の応力評価モデルは新規制基準適合時の工事計画の応力評価モデルに比べて保守的な評価となるモデルである。また、断面評価において、実際は屋根スラブが取り付けられているものの、保守的にトラス部材の断面のみを考慮し評価を行う。

(2) 荷重比率 α

設計時長期荷重 P_A は、常時作用する荷重及び積雪荷重の和としており、降下火砕物等堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} は、常時作用する荷重、積雪荷重及び降下火砕物による荷重の和としている。

$$P_A = \text{常時作用する荷重} + \text{積雪荷重 (70cm 相当)}$$

$$F_{ALL} = \text{常時作用する荷重} + \text{積雪荷重 (100cm 相当)} + \text{降下火砕物による荷重 (27cm 相当)}$$

$$\alpha = F_{ALL} / P_A$$

ここで、常時作用する荷重には屋根スラブの固定荷重、トラス自重及び積載荷重を面荷重として考慮している。

屋根スラブの固定荷重については、建設設計時より変更はない。なお、高浜 1 号機の固定荷重の算定においては、建設設計時より保守的にデッキプレート凹部を含め、最大スラブ厚さで算定（第 4 図参照）している。高浜 2 号機の固定荷重の算定においては、建設設計時はデッキプレート凹部を含めていないが、降下火砕物堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} では、高浜 1 号機との整合を図り、保守的にデッキプレート凹部を含め、最大スラブ厚さで算定している。

トラス自重については、新規制基準適合時の工事計画においてトラスの耐震補強を実施しているものの、上記のとおり屋根スラブの固定荷重を保守的に算定していることから、耐震補強による重量増加分はトラス自重に追加していない。（デッキプレート凹部の重量（高浜 1 号機及び高浜 2 号機：約 \square N/m²） > 耐震補強による重量増加分（高浜 1 号機：約 \square N/m²、高浜 2 号機：約 \square N/m²）

積載荷重については、建設設計時より変更はない。

また、積雪荷重については、建築基準法施行令では長期荷重時の低減係数 0.7（多雪地帯の場合）を考慮できることとなっているが、福井県においては昭和 57 年以降「福井県積雪荷重等指導基準」に基づき、公共性のある建築物等については建築基準法施行令の低減係数の規定を適用しないこととされている。従って、昭和 56 年以前に設計された高浜 1, 2 号機については、設計時長期荷重 P_A における積雪荷重は、垂直積雪量 100cm に低減係数 0.7 を考慮した垂直積雪量 70cm 相当の荷重であり、降下火砕物等堆積時の鉛直荷重 F_{ALL} における積雪荷重は 100cm 相当の荷重である。

(3) 評価結果（資料 14 別添 2-4「建屋の強度計算書」の内容を再掲・一部加筆）

燃料取扱建屋の梁(トラス)について、評価結果を記載する部材の位置を第 5 図及び第 6 図に、評価条件を第 1 表に、評価結果を第 2 表に示す。

ここで、降下火砕物堆積時にトラス部材に発生する応力度は、下式により、発生応力を部材の断面積で除すことで算出する。ここで、降下火砕物堆積時の発生応力は、昭和 46 年 11 月 27 日付け 46 公第 15195 号にて工事計画が認可された高浜発電所 1 号機の燃料取扱建屋及び昭和 48 年 2 月 19 日付け 47 公第 11429 号にて工事計画が認可された高浜発電所 2 号機の燃料取扱建屋の設計時長期荷重によりトラス部材に生じる応力に、設計時長期荷重に対する降下火砕物堆積時の鉛直荷重の比を乗じることで算出する。

なお、荷重比率 α の算定に用いる荷重及び設計時長期荷重により発生する応力度には「Fuel Handling Building Design of Roof Truss (高浜 1 号機)」及び「AUXILIARY BUILDING Fuel-HANDLING AREA (CRANE BAY) DESIGN OF STEEL FRAME FOR CRANE (高浜 2 号機)」の値を使用している。荷重比率 α の算定に用いる常時作用する荷重（高浜 1 号機： \square N/m²、高浜 2 号機： \square N/m²）の根拠を第 7 図に、設計時長期荷重により発生する応力の根拠を第 8 図に示す。

(高浜 1 号機)

$$\sigma = N_0 \cdot \alpha / A$$

ここで、

σ : 降下火砕物等堆積時の荷重により発生する応力度 (N/mm²)

N_0 : 設計時長期荷重により発生する応力 (N) (軸応力: $N_0 = \square$ kN)

A : 部材の断面積 (mm²)

α : 設計時長期荷重^{※1}に対する降下火砕物等堆積時の鉛直荷重^{※2}の比

※1: \square N/m² (= 常時作用する荷重 \square N/m² + 積雪荷重 \square N/m²)

※2: \square N/m² (= $F_d + F_s + F_v$)

(高浜 2 号機)

$$\sigma = N_0 \cdot \alpha / A$$

ここで、

σ : 降下火砕物等堆積時の荷重により発生する応力度 (N/mm²)

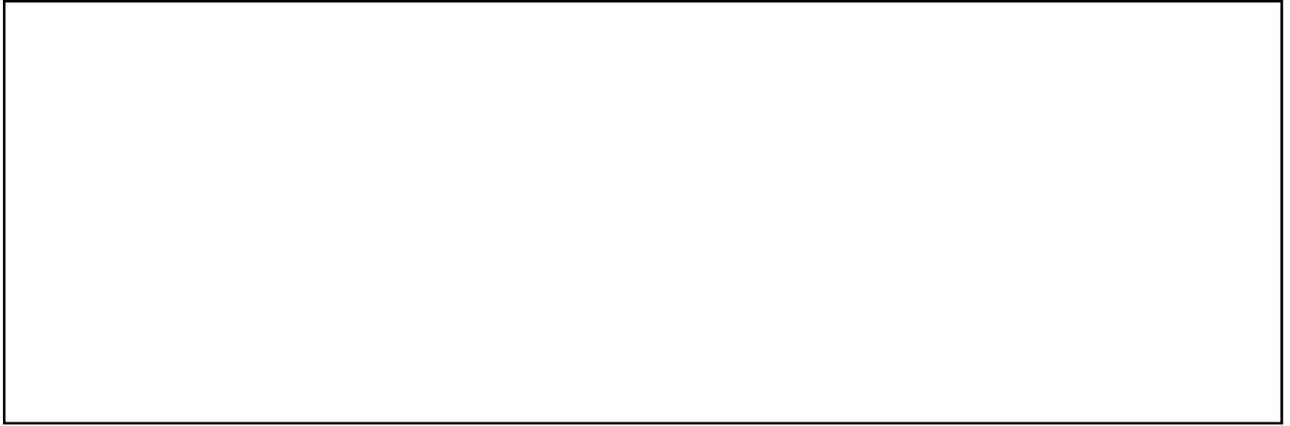
N_0 : 設計時長期荷重により発生する応力 (N) (軸応力: $N_0 = \square$ kN)

A : 部材の断面積 (mm²)

α : 設計時長期荷重^{※1}に対する降下火砕物等堆積時の鉛直荷重^{※2}の比。

※1: \square N/m² (= 常時作用する荷重 \square N/m² + 積雪荷重 \square N/m²)

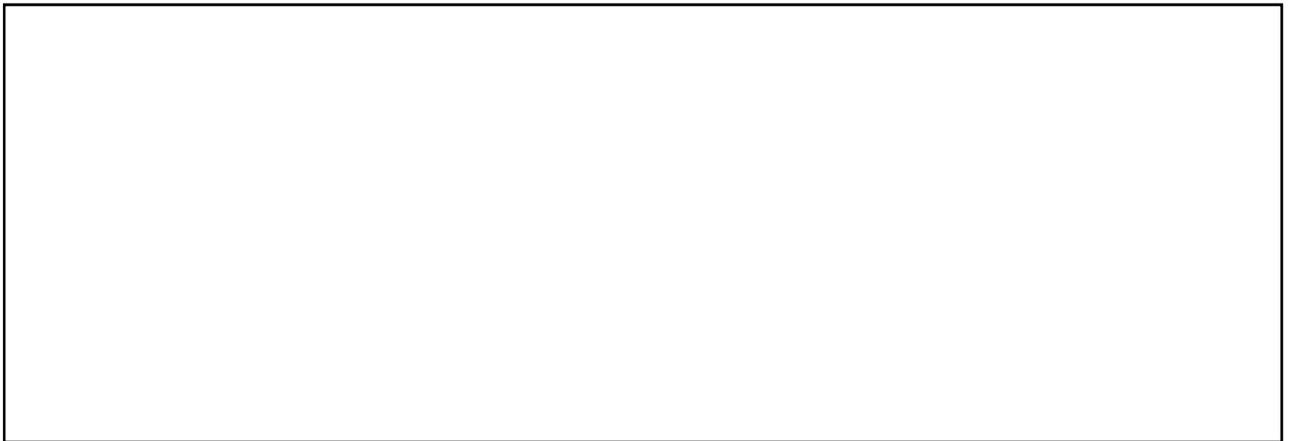
※2: \square N/m² (= $F_d + F_s + F_v$)



第1図 トラスを有する構面の概略軸組図（高浜1号機 燃料取扱建屋）



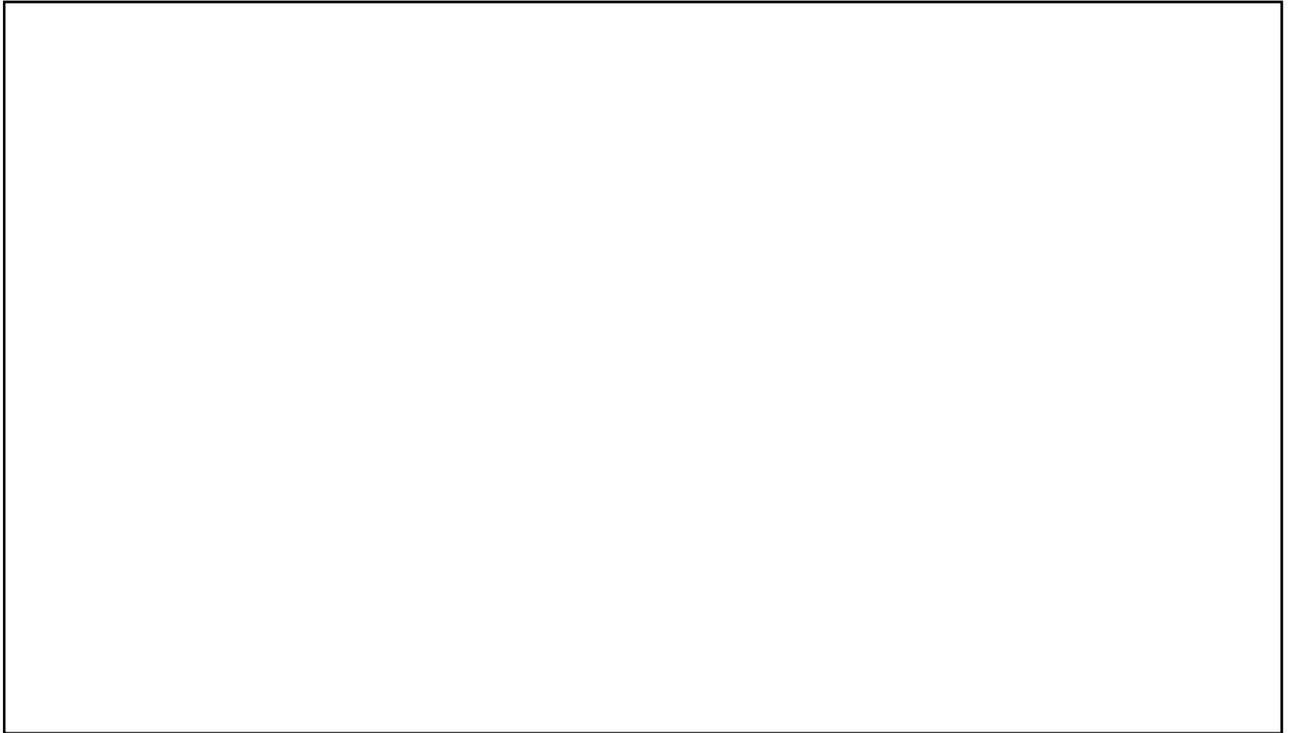
第2図 建設設計時の応力評価モデル（高浜1号機 燃料取扱建屋）



第3図 耐震評価時の解析モデル（高浜1号機 燃料取扱建屋）



第4図 屋根スラブ概略断面図

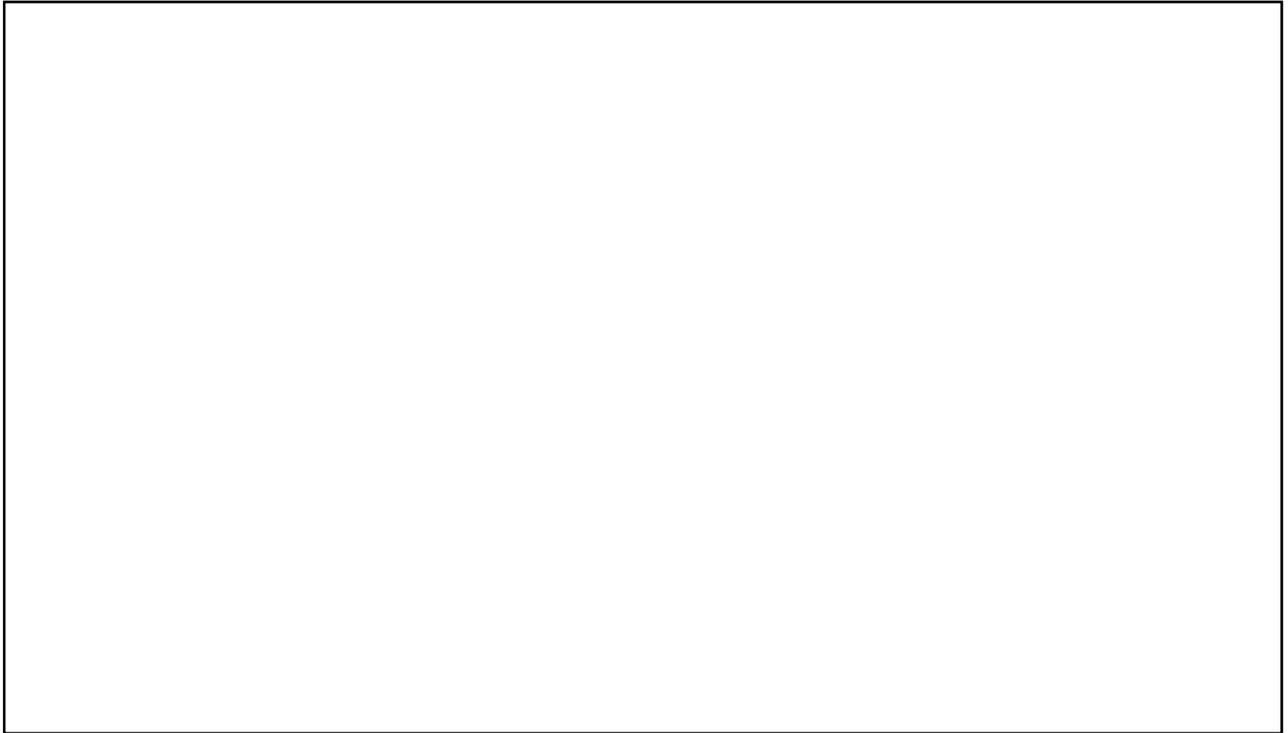


(a) 評価を記載する梁(トラス)位置 (E. L. m) (高浜 1 号機)

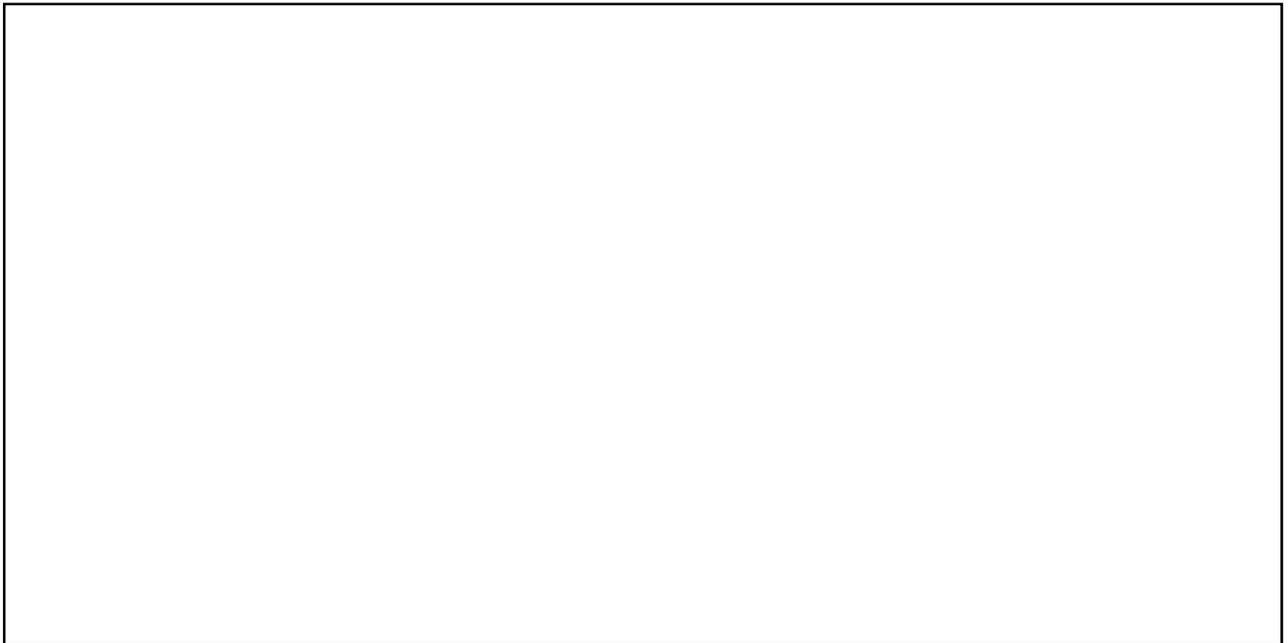


(b) 評価を記載する部材位置 (高浜 1 号機)

第 5 図 燃料取扱建屋 梁(トラス)の評価を記載する部材の位置 (高浜 1 号機)



(a) 評価を記載する梁(トラス)位置 (E. L. m) (高浜 2 号機)



(b) 評価を記載する部材位置 (高浜 2 号機)

第 6 図 燃料取扱建屋 梁(トラス)の評価を記載する部材の位置 (高浜 2 号機)

第1表 原子炉補助建屋 梁(トラス) 評価条件

(a) 高浜1号機

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	軸断面積 (cm ²)
E. L. □ m※	H-344x354x16x16	□	□	2,050	167

※：当該トラスが支持するフロアレベルを示す。

(b) 高浜2号機

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	軸断面積 (cm ²)
E. L. □ m※	H-250x250x9x14	□	□	867	92.2

※：当該トラスが支持するフロアレベルを示す。

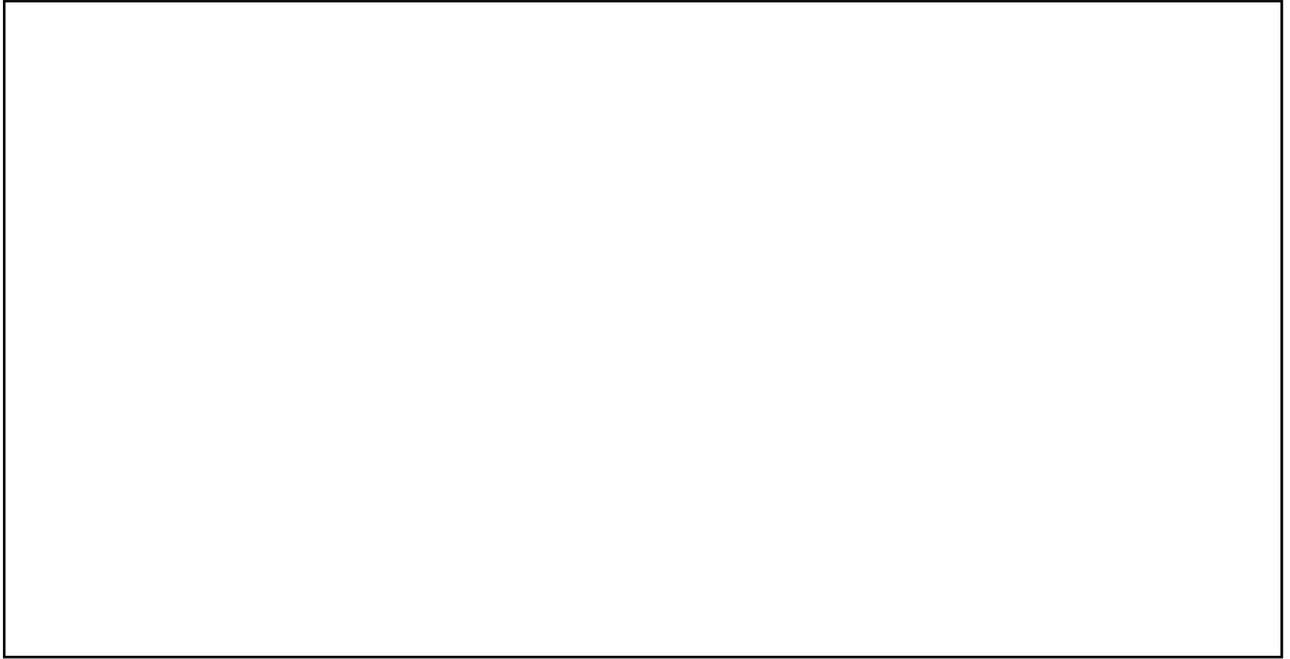
第2表 燃料取扱建屋の梁(トラス)の評価結果

(a) 高浜1号機

建屋	部位	検討項目	解析結果	評価基準値	検定比
燃料取扱建屋	梁(トラス)	圧縮応力度[N/mm ²]	178	226	0.788

(b) 高浜2号機

建屋	部位	検討項目	解析結果	評価基準値	検定比
燃料取扱建屋	梁(トラス)	引張応力度[N/mm ²]	195	235	0.830



(a) 固定荷重及び梁自重 (高浜 1 号機)

(「Fuel Handling Building Design of Roof Truss」より抜粋)



(b) トラス自重 (高浜 1 号機)

(「Fuel Handling Building Design of Roof Truss」より抜粋)

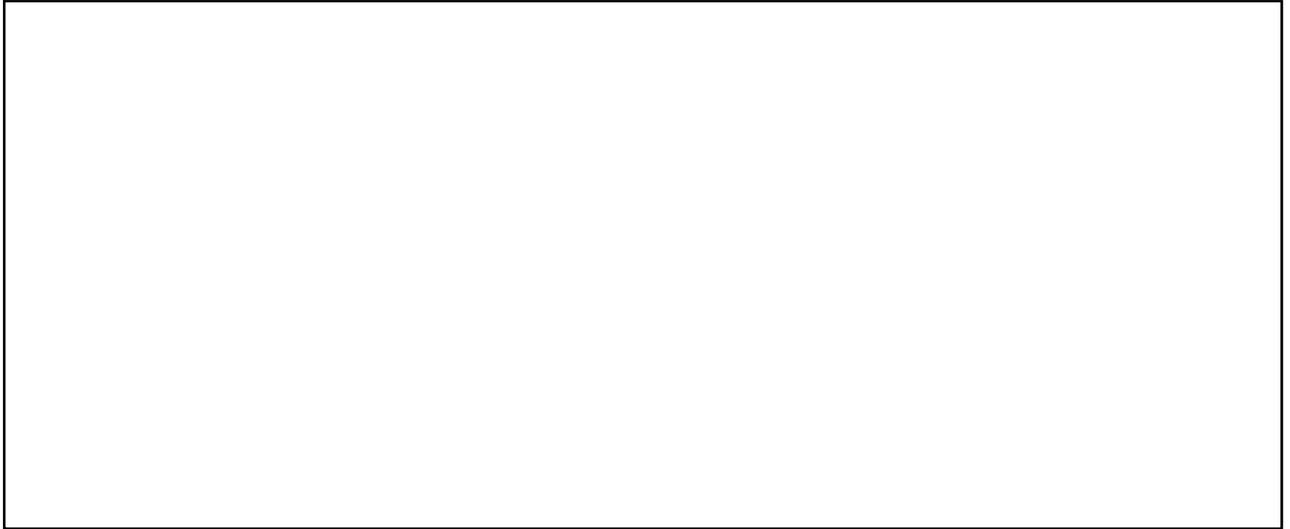
第 7 図 荷重比率 α の算定に用いる常時作用する荷重の根拠(1/2)



(c) 固定荷重、梁自重及びトラス自重 (高浜 2 号機)

(「AUXILIARY BUILDING Fuel-HANDLING AREA(CRANE BAY) DESIGN OF STEEL FRAME FOR CRANE」より抜粋)

第 7 図 荷重比率 α の算定に用いる常時作用する荷重の根拠 (2/2)



(a) 高浜 1 号機

(「Fuel Handling Building Design of Roof Truss」より抜粋)



(b) 高浜 2 号機

(「AUXILIARY BUILDING Fuel-HANDLING AREA(CRANE BAY) DESIGN OF STEEL FRAME FOR CRANE」より抜粋)

第 8 図 設計時長期荷重により発生する応力の根拠

評価部材の位置及び評価条件の詳細（高浜 1 号機）

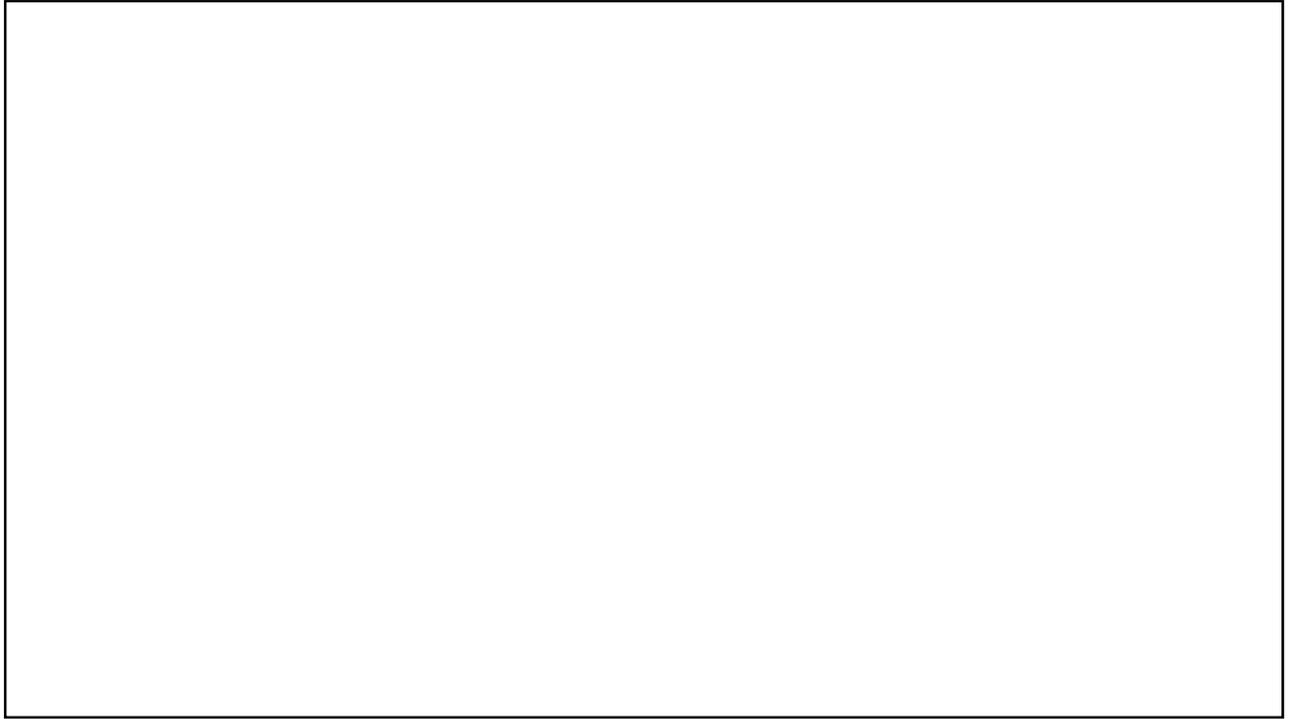
本資料は、高浜 1 号機の資料 14 別添 2-4「建屋の強度計算書」に評価結果を記載した屋根スラブ及び梁（トラスを含む）の評価部材の位置及び評価条件を再掲し、一部説明を加え、補足するものである。評価部材の位置を参 1-1 図～参 1-10 図に、部材の評価条件を参 1-1 表～参 1-10 表に示す。なお、参 1-1 図～参 1-10 図及び参 1-1 表～参 1-10 表に示している評価部材の高さは、当該スラブの上面または当該梁（トラスを含む）が支持するフロアレベルとしている。

また、S 梁については、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会（2010））」に基づき、S 梁と屋根スラブが一体となって曲げに抵抗する合成梁として評価する。参 1-2 表、参 1-6 表、参 1-8 表及び参 1-10 表に示す合成梁としての断面係数は、下式により算出した S 梁下端の断面係数である。

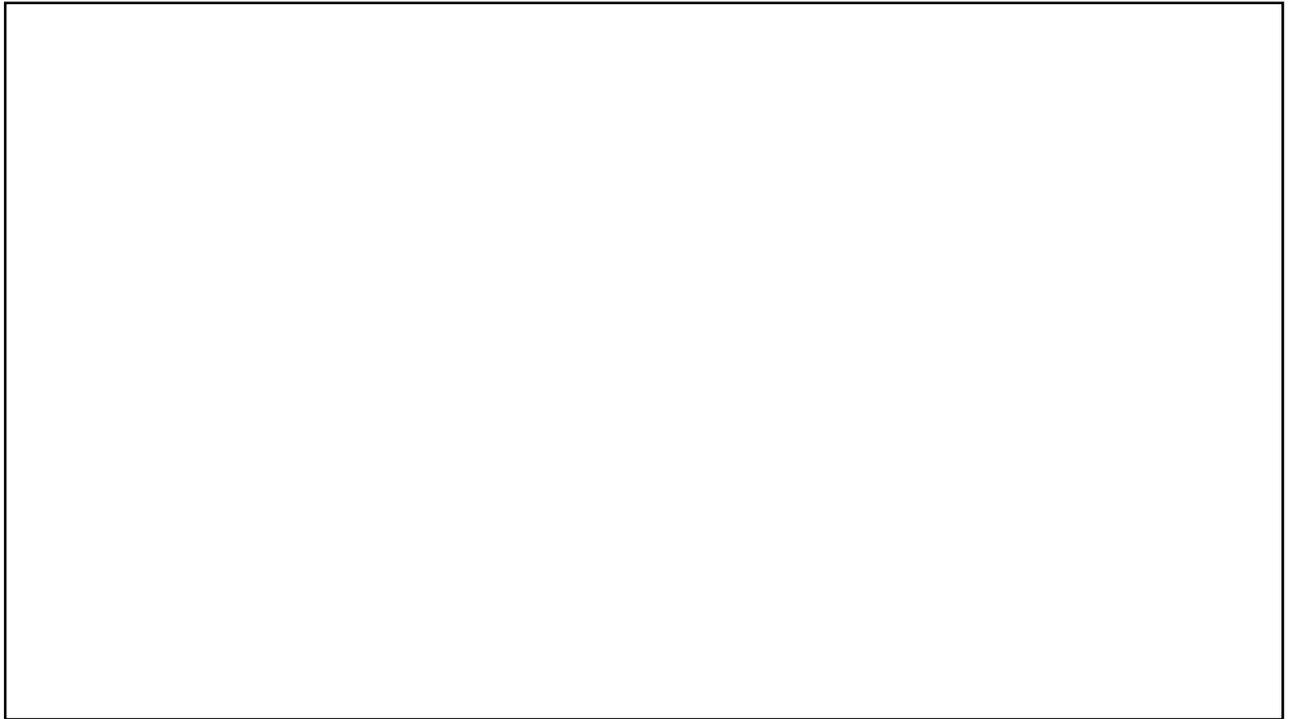
$${}_c Z_t = {}_c I_n / (D - x_n)$$

ここで、

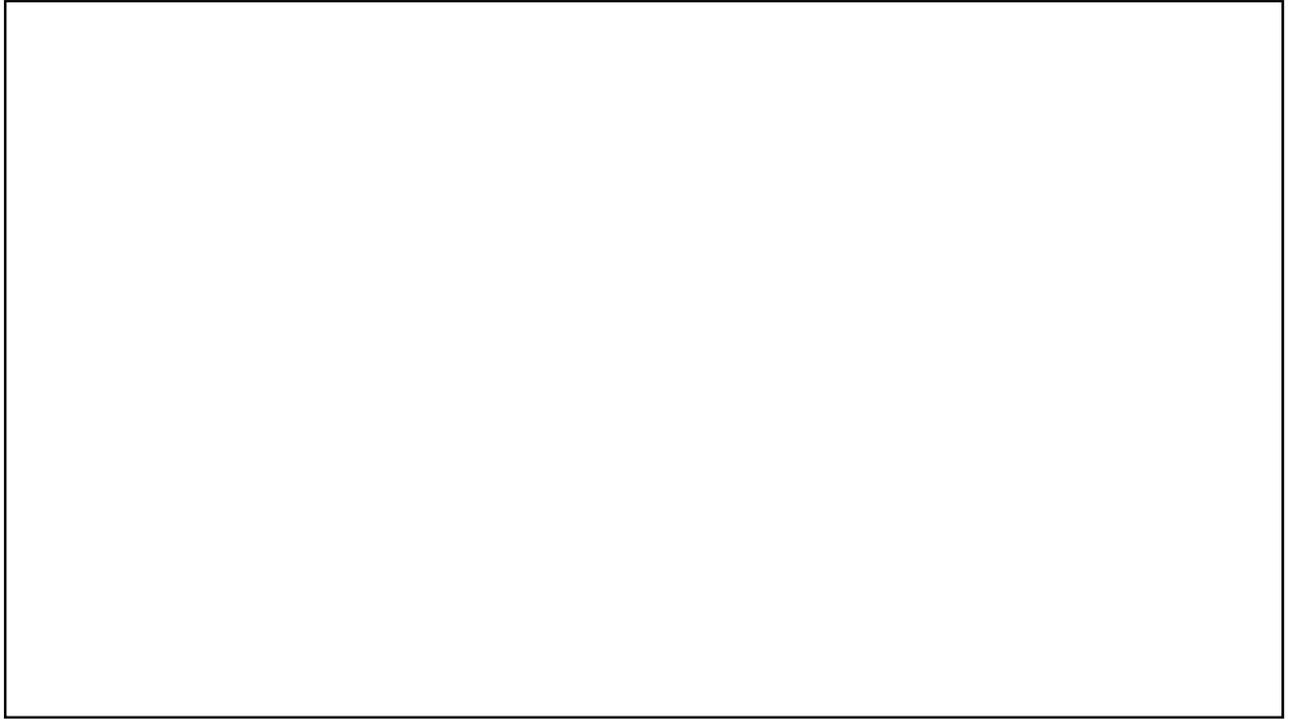
- ${}_c Z_t$: 合成梁の S 梁下端の断面係数 (cm³)
- ${}_c I_n$: 合成梁の断面二次モーメント (cm⁴)
- D : 合成梁の全せい (cm)
- x_n : 床スラブ上縁から中立軸までの距離 (cm)



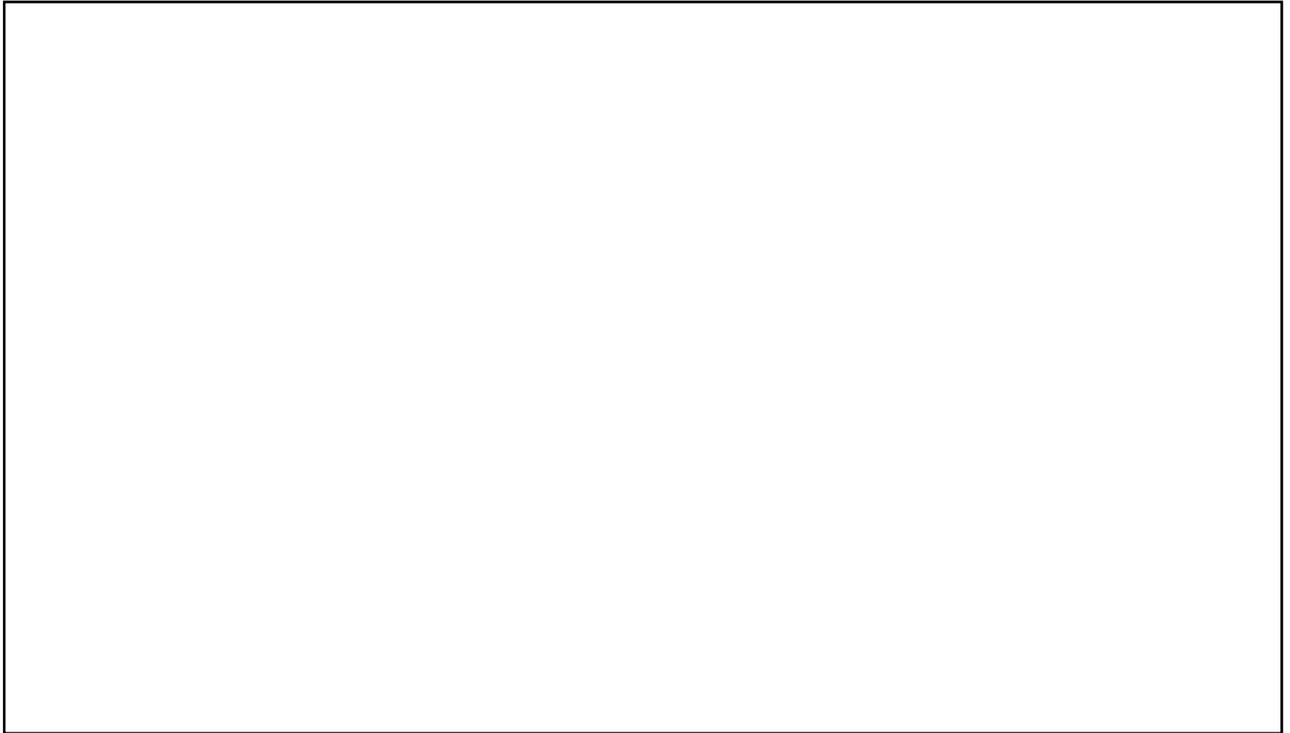
参 1-1 図 補助建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



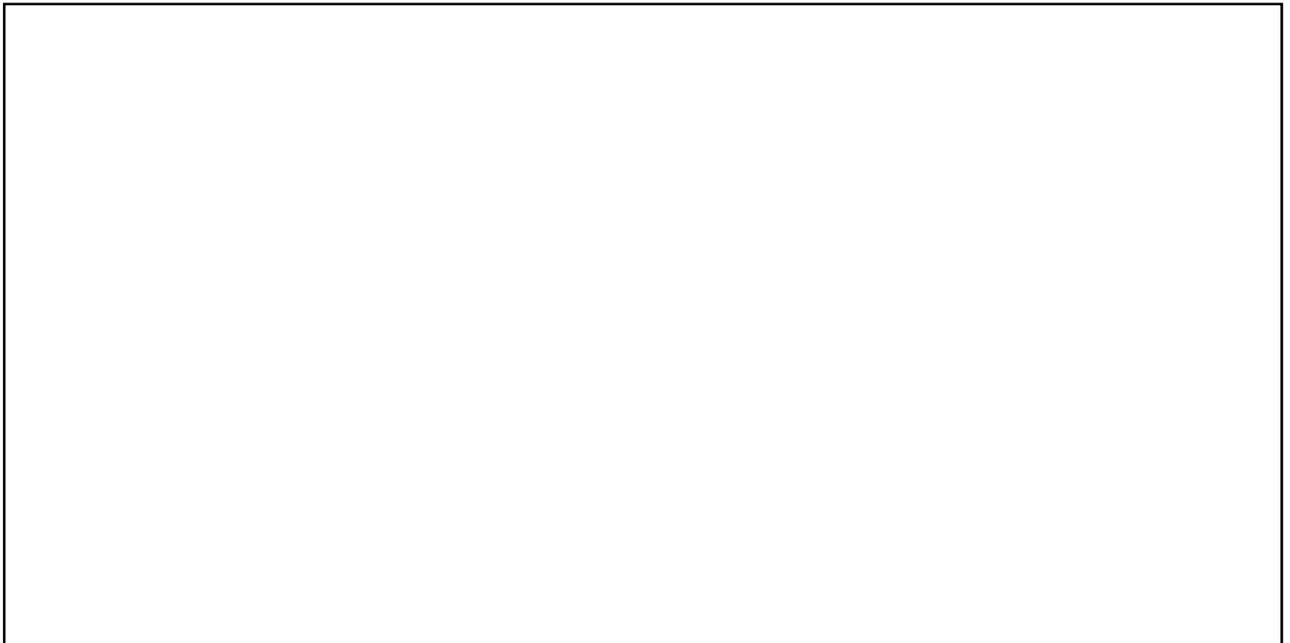
参 1-2 図 補助建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 1-3 図 燃料取扱建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

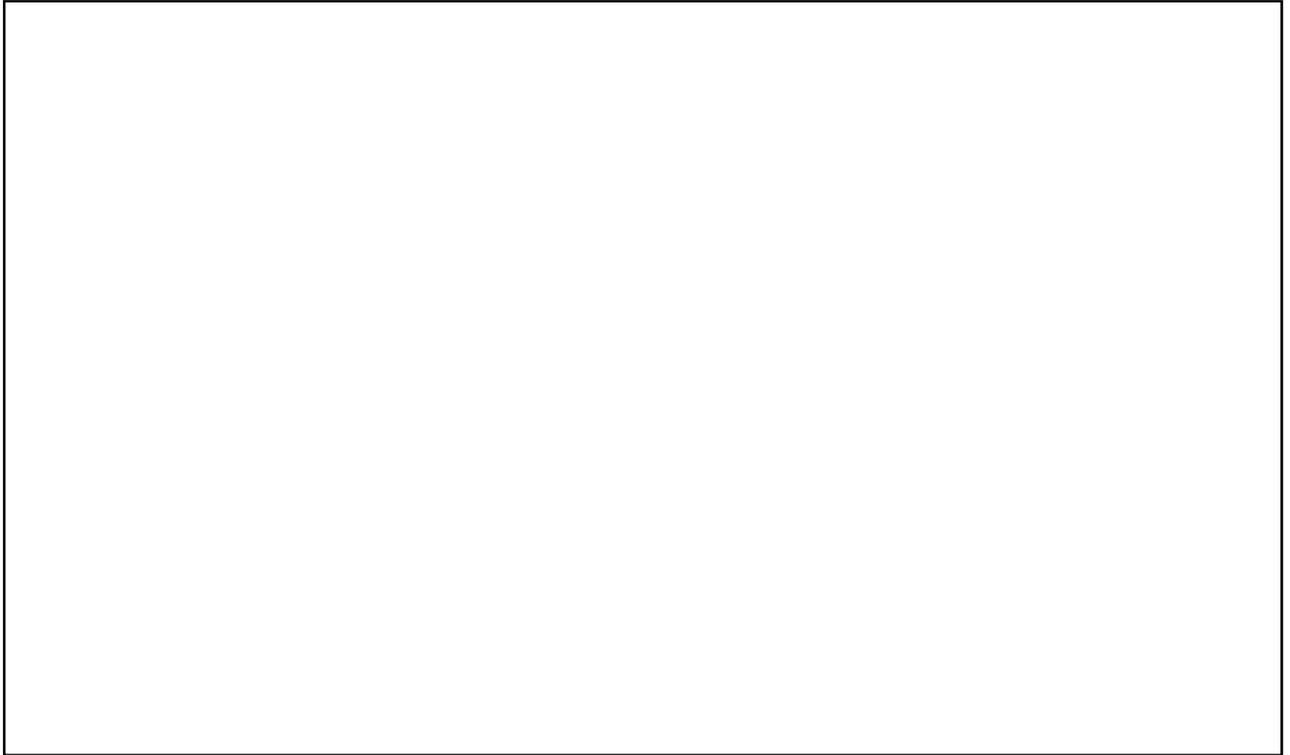


(a) 評価を記載する梁(トラス)位置 (E. L. m)



(b) 評価を記載する部材位置

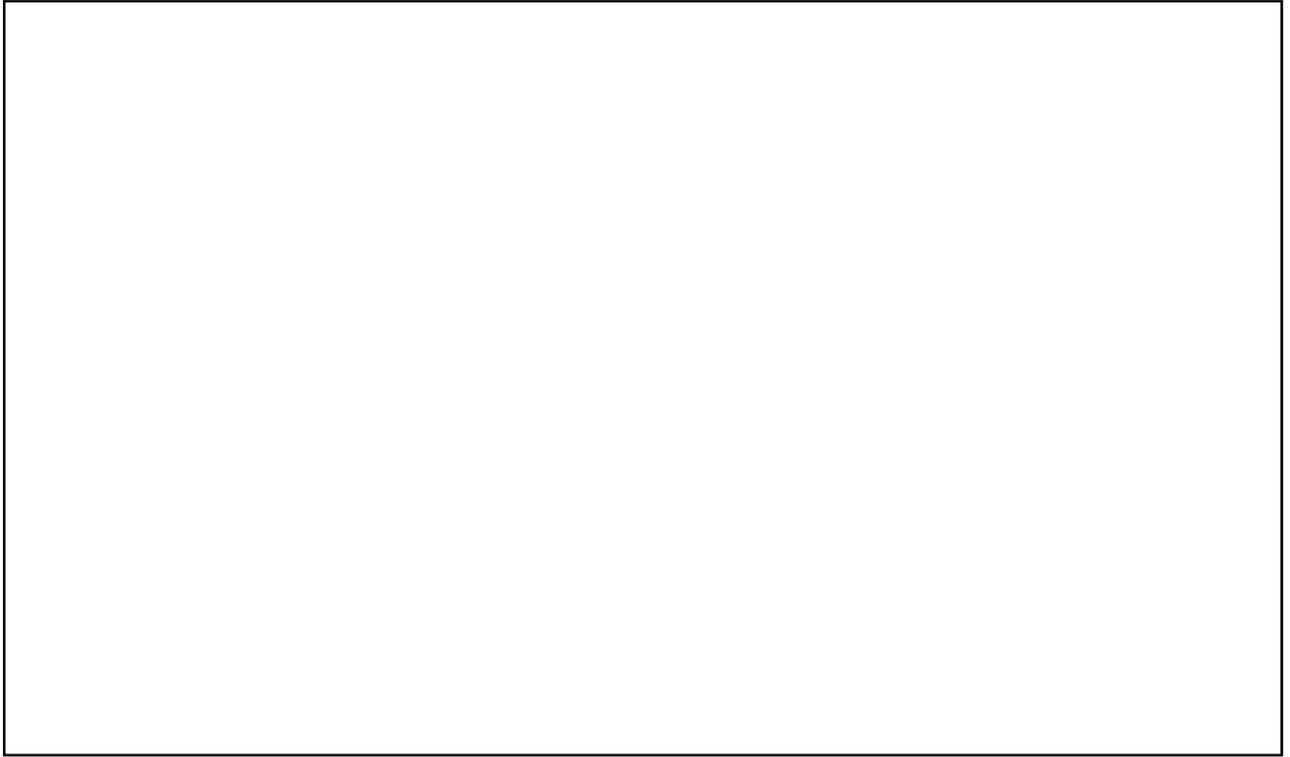
参 1-4 図 燃料取扱建屋 梁(トラス)の評価を記載する部材の位置



参 1-5 図 中間建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



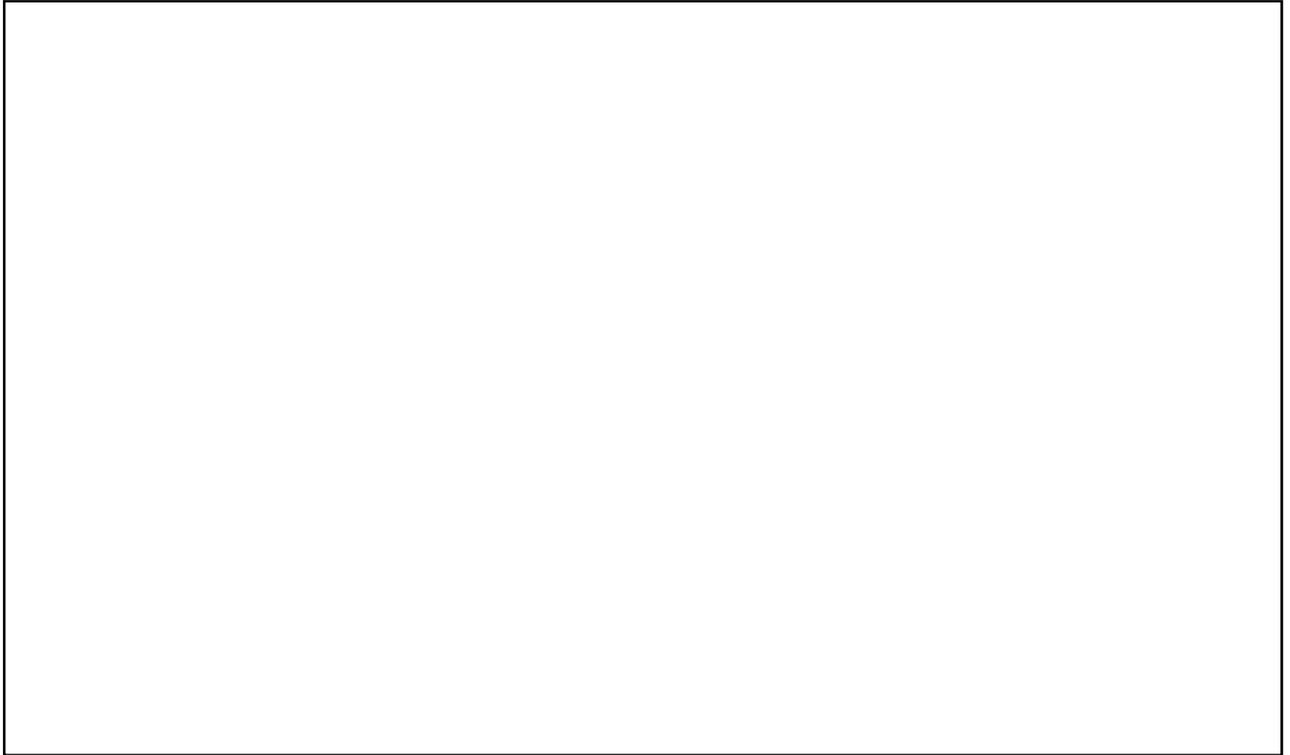
参 1-6 図 中間建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



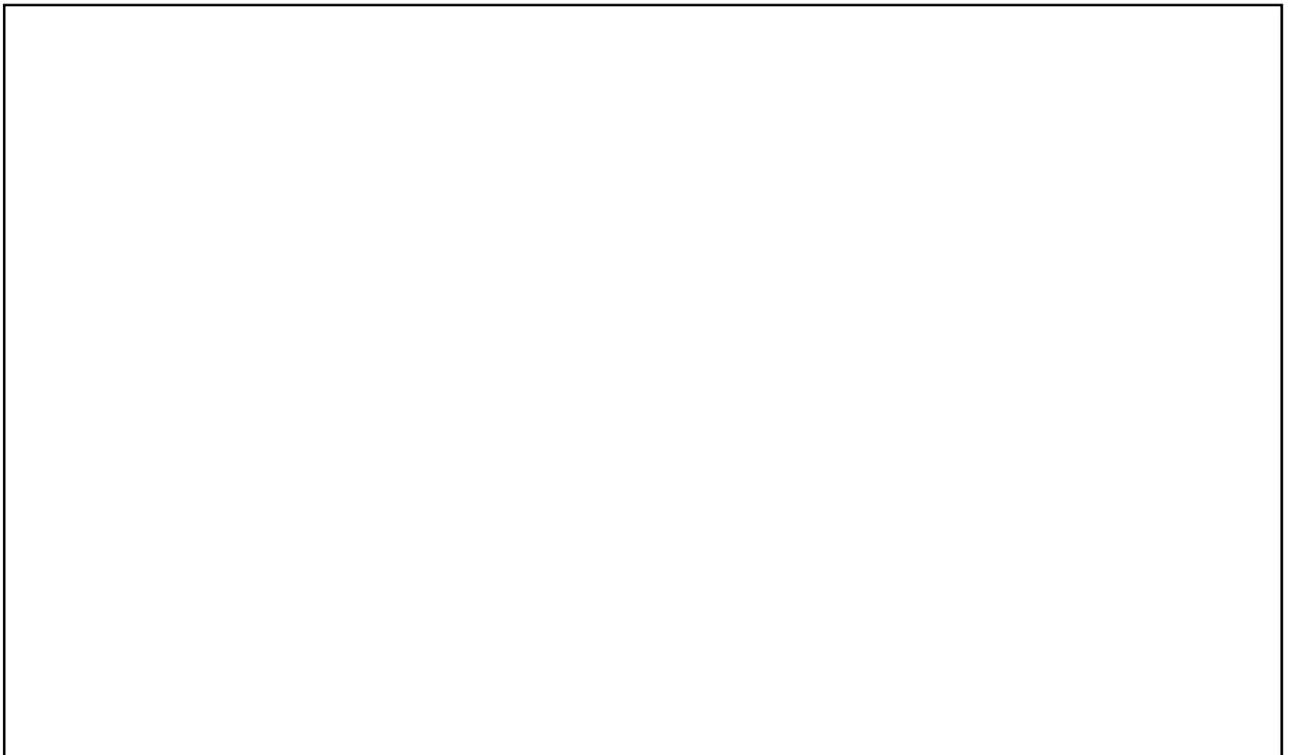
参 1-7 図 ディーゼル建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 1-8 図 ディーゼル建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 1-9 図 制御建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 1-10 図 制御建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

参 1-1 表 補助建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参 1-2 表 補助建屋 梁 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-350x175x7x11	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1, 292	1, 834
スラブ協力幅 (m)		スラブ有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参 1-3 表 燃料取扱建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参 1-4 表 燃料取扱建屋 梁(トラス) 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	軸断面積 (cm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-344x354x16x16	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2, 050	167

参1-5表 中間建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D16@200	995

参1-6表 中間建屋 梁 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-582x300x12x17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	6,288	4,560
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D16@200	995

参1-7表 ディーゼル建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参1-8表 ディーゼル建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-354x176x8x13	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,497	2,096
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参1-9表 制御建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参1-10表 制御建屋 梁 評価条件

評価対象部位		梁間寸法 (一次部材の梁) (m)	支持スパン (m)	合成梁として の断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-582x300x12x17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	4,860	4,560
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

評価部材の位置及び評価条件の詳細（高浜 2 号機）

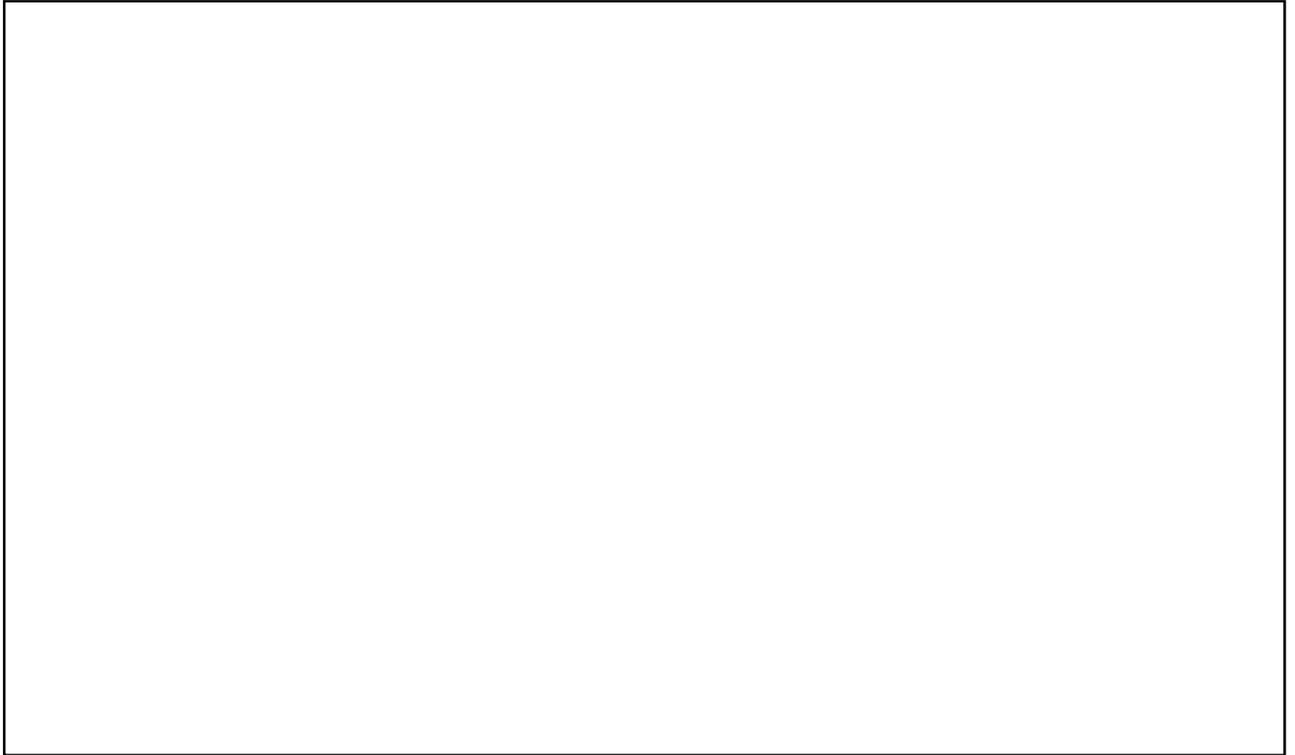
本資料は、高浜 2 号機の資料 14 別添 2-4「建屋の強度計算書」に評価結果を記載した屋根スラブ及び梁（トラスを含む）の評価部材の位置及び評価条件を再掲し、一部説明を加え、補足するものである。評価部材の位置を参 2-1 図～参 2-8 図に、部材の評価条件を参 2-1 表～参 2-8 表に示す。なお、参 2-1 図～参 2-8 図及び参 2-1 表～参 2-8 表に示している評価部材の高さは、当該スラブの上面または当該梁（トラスを含む）が支持するフロアレベルとしている。

また、S 梁については、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会（2010））」に基づき、S 梁と屋根スラブが一体となって曲げに抵抗する合成梁として評価する。参 2-2 表、参 2-6 表及び参 2-8 表に示す合成梁としての断面係数は、下式により算出した S 梁下端の断面係数である。

$${}_c Z_t = {}_c I_n / (D - x_n)$$

ここで、

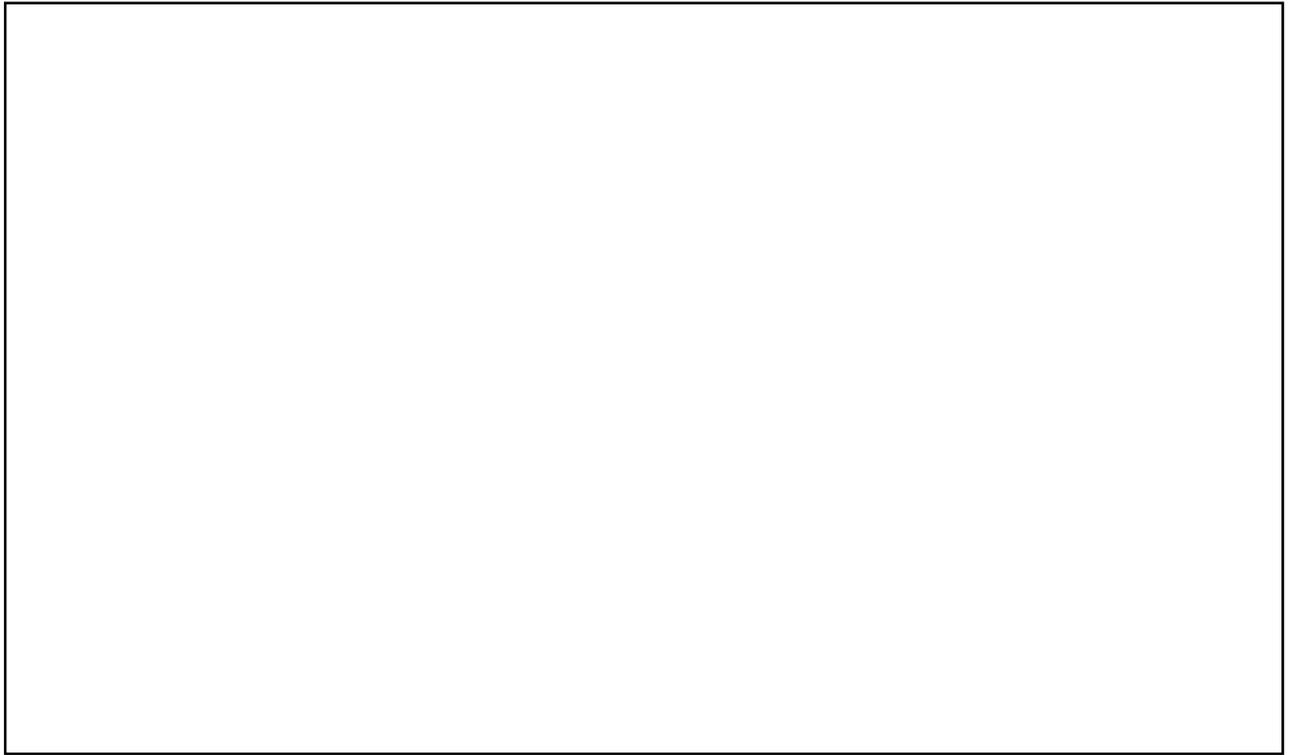
- ${}_c Z_t$: 合成梁の S 梁下端の断面係数 (cm³)
- ${}_c I_n$: 合成梁の断面二次モーメント (cm⁴)
- D : 合成梁の全せい (cm)
- x_n : 床スラブ上縁から中立軸までの距離 (cm)



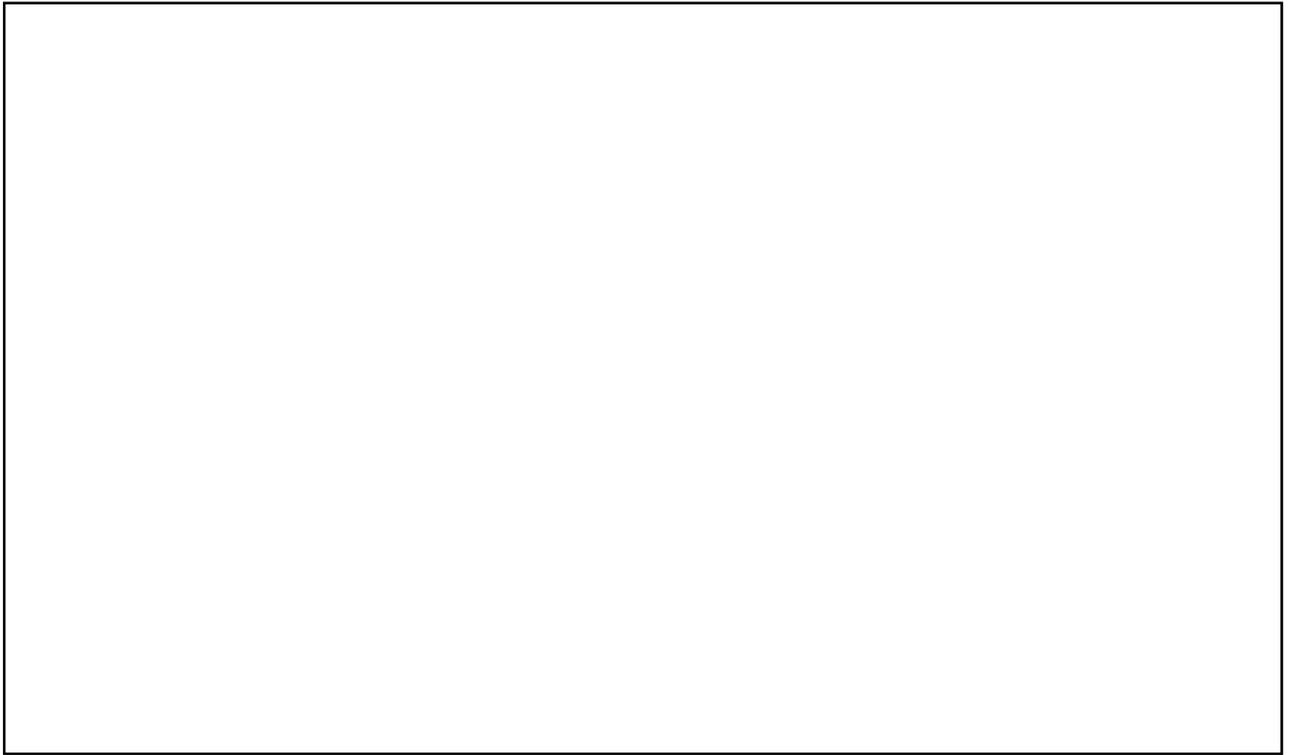
参 2-1 図 補助建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



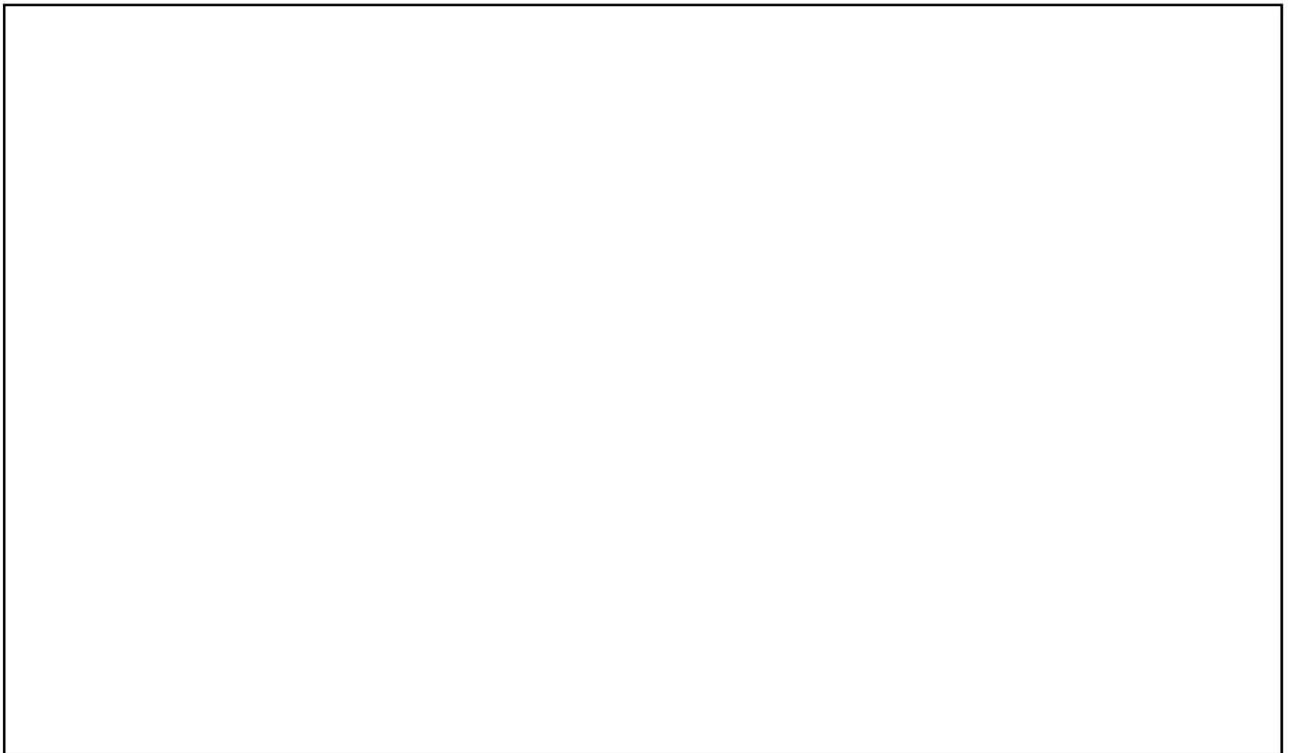
参 2-2 図 補助建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 2-3 図 燃料取扱建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

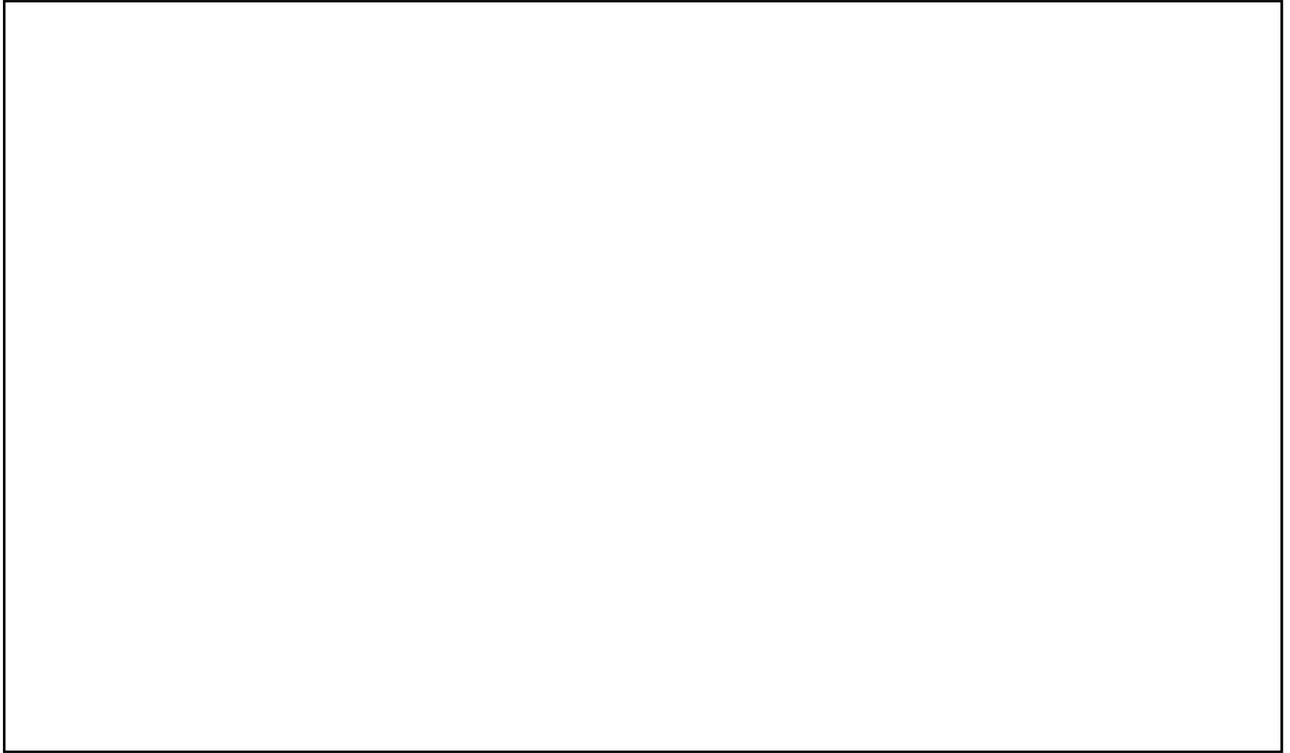


(a) 評価を記載する梁(トラス)位置 (E. L. m)



(b) 評価を記載する部材位置

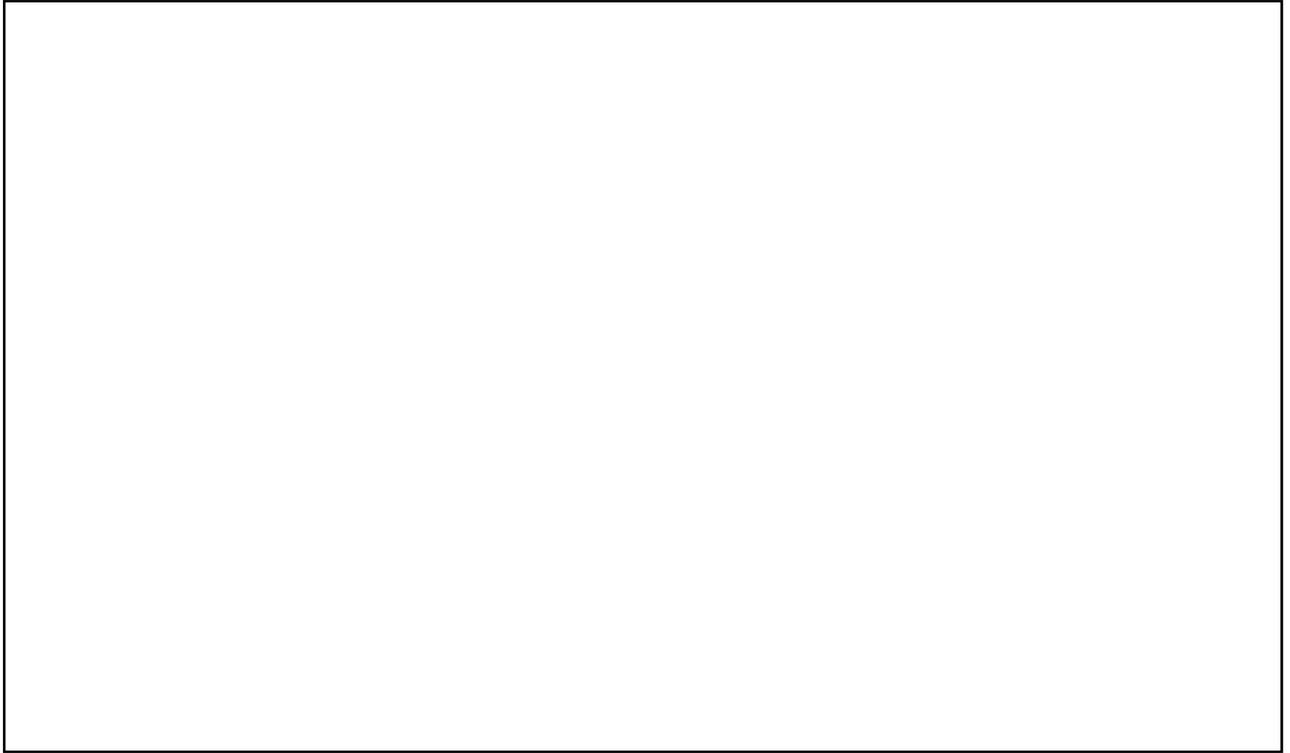
参 2-4 図 燃料取扱建屋 梁(トラス)の評価を記載する部材の位置



参 2-5 図 中間建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 2-6 図 中間建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 2-7 図 ディーゼル建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参 2-8 図 ディーゼル建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

参2-1表 補助建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参2-2表 補助建屋 梁 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-440x300x11x18	<input type="text"/>	<input type="text"/>	3,688	3,388
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参2-3表 燃料取扱建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参2-4表 燃料取扱建屋 梁(トラス) 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	軸断面積 (cm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-250x250x9x14	<input type="text"/>	<input type="text"/>	867	92.2

参2-5表 中間建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D19@200	1,435

参2-6表 中間建屋 梁 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-346x174x6x9	<input type="text"/>	<input type="text"/>	1,595	1,572
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D19@200	1,435

参2-7表 ディーゼル建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

参2-8表 ディーゼル建屋 梁 評価条件

評価対象部位		支配幅 (m)	支持スパン (m)	合成梁としての 断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-588x300x12x20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	5,279	4,560
スラブ協力幅 (m)		スラブ 有効長さ (m)	スラブ厚さ (mm)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
<input type="text"/>		<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@205	619

水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要

建屋の強度評価において、降下火砕物堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重のうち、風荷重に対しては、水平荷重に抵抗する耐震壁及び鉄骨架構を評価対象部位としている。

本資料では、耐震壁及び鉄骨架構の評価における評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性について説明する。

2. 評価条件

(本節の記載は、資料1 4別添2-4「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。)

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重である風荷重の算出に用いる記号を第1表のとおり定義する。基準風速は32m/sとする。また、風荷重の算出条件を第2表に示す。

第1表 風荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ²	受風面積 (風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第87条第2項に規定する数値
E _r	—	建設省告示第1454号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表わす係数
G	—	ガスト影響係数
H	m	全高
q	N/m ²	速度圧
V _D	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値

風荷重 W は、以下の式に従い算出する。全高 H が Z_b (5m) を超えるため、H が Z_b を超える場合の式を用いる。風荷重 W の算出は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数 C 及び受風面積 A に基づき実施(下図参照)し、風荷重 W の算出に用いる受風面積算定において、隣接する建屋の遮断効果は保守的に考慮しない。

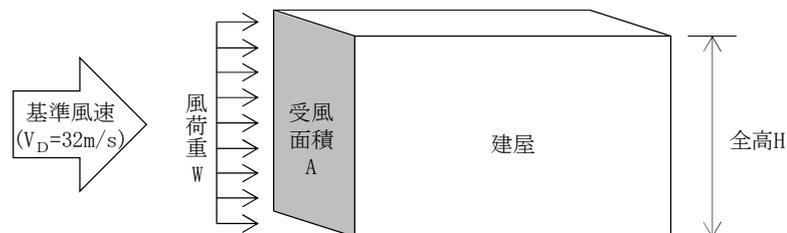
$$W = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/Z_G)^\alpha$$



風荷重の作用イメージ

第2表 風荷重の算出条件

(a) 高浜1号機

施設名称	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_G (m)	α	ガスト影響 係数 G	設計用 速度圧 q (N/m^2)
外部しゃへい建屋	32		350	0.15	2.00	2,316
補助建屋					2.02	1,830
燃料取扱建屋					2.00	1,978
中間建屋 ディーゼル建屋 制御建屋					2.07	1,741

(b) 高浜2号機

施設名称	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_G (m)	α	ガスト影響 係数 G	設計用 速度圧 q (N/m^2)
外部しゃへい建屋	32		350	0.15	2.00	2,316
補助建屋					2.02	1,830
燃料取扱建屋					2.00	1,978
中間建屋 ディーゼル建屋					2.07	1,741

3. 評価に用いた質点系モデル

(本節の記載は、資料 1 4 別添 2 - 4 「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。)

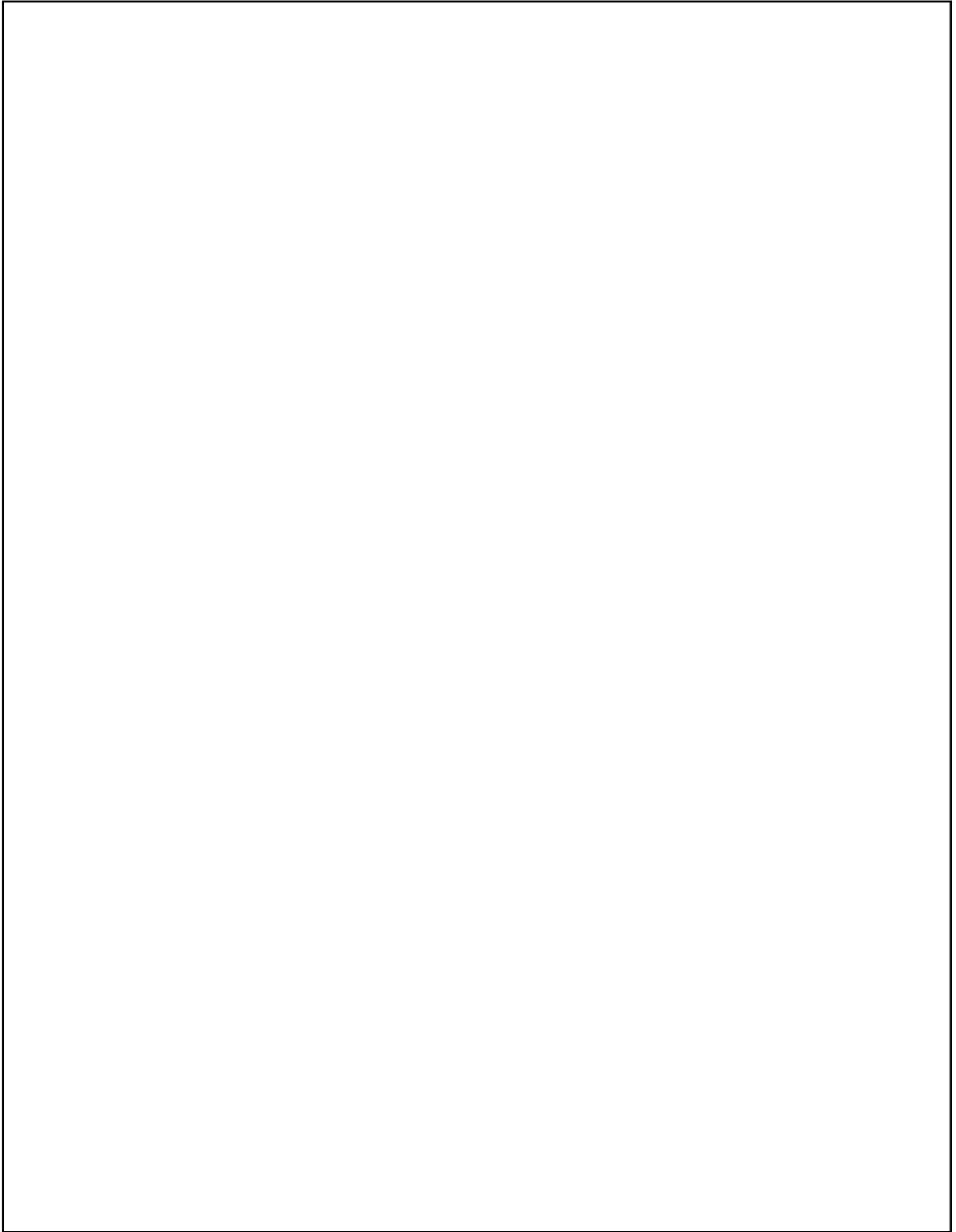
降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重（風荷重）に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価は、建屋の質点系モデルを用いて評価している。

耐震壁の評価は、風荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみを評価し、耐震壁のせん断ひずみの評価基準値（せん断スケルトンカーブの第 1 折点のひずみ）を超えないことを確認する。なお、各質点系モデルの復元力特性の設定においては、降下火砕物等堆積による軸力を考慮すると第 1 折点の増大が見込まれるため、保守的に降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮しない。

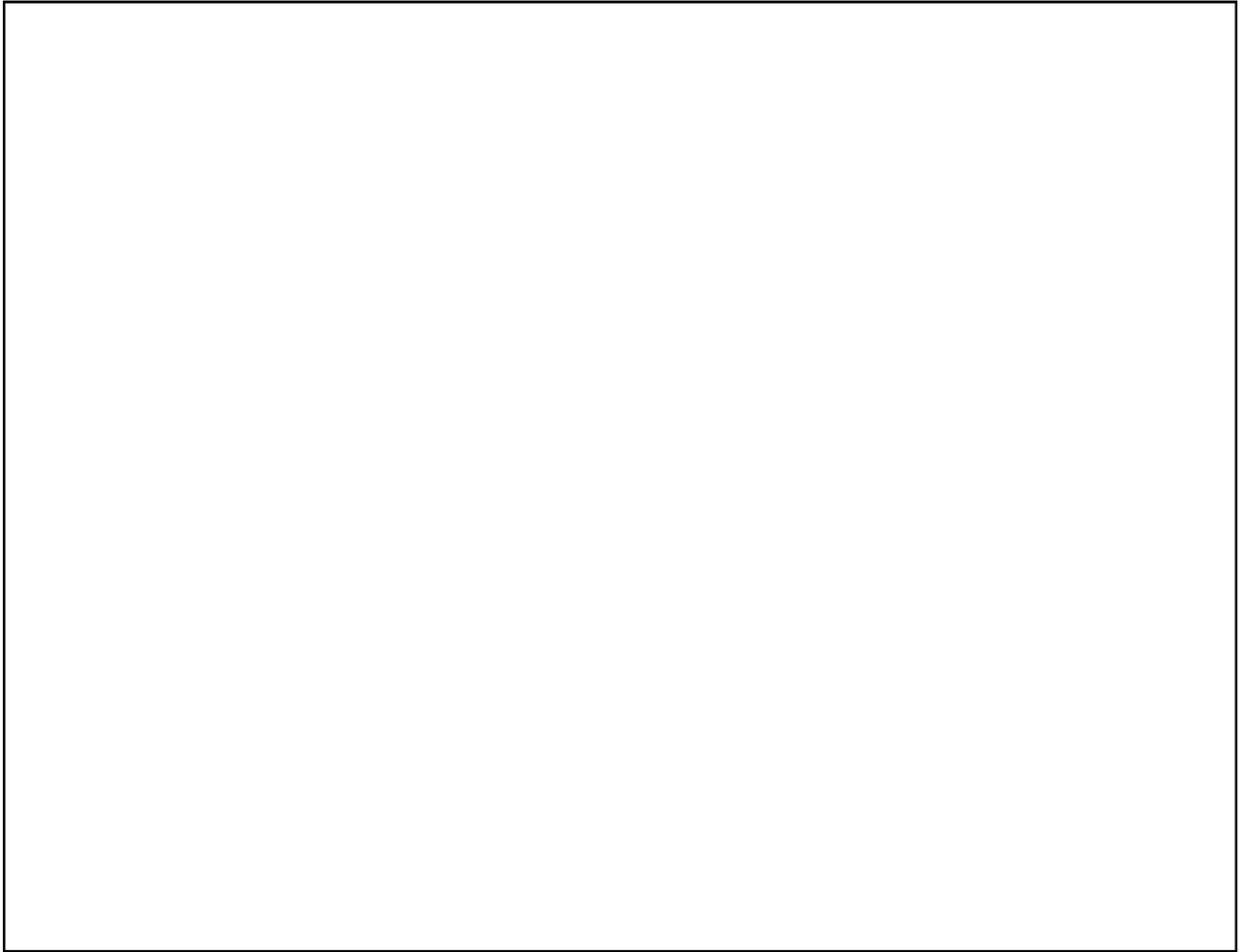
鉄骨架構の評価は、風荷重により鉄骨架構に発生する層間変形角を評価し、鉄骨架構の最大層間変形角の評価基準値（1/200）を超えないことを確認する。なお、降下火砕物堆積による軸力を考慮すると各質点系モデルの復元力特性に差異が見込まれるが、評価結果に有意な差はないことから、本評価では降下火砕物堆積による鉛直荷重を考慮しない。

高浜 1 号機の外部しゃへい建屋の質点系モデル図を第 1 図に、補助建屋、中間建屋、燃料取扱建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の質点系モデル図を第 2 図に示す。質点系モデルの詳細は、それぞれ高浜 1 号機の資料 1 3 - 1 7 - 7 - 2 「原子炉格納施設の地震応答解析」、資料 1 3 - 1 6 - 4 「原子炉補助建屋の地震応答解析」による。

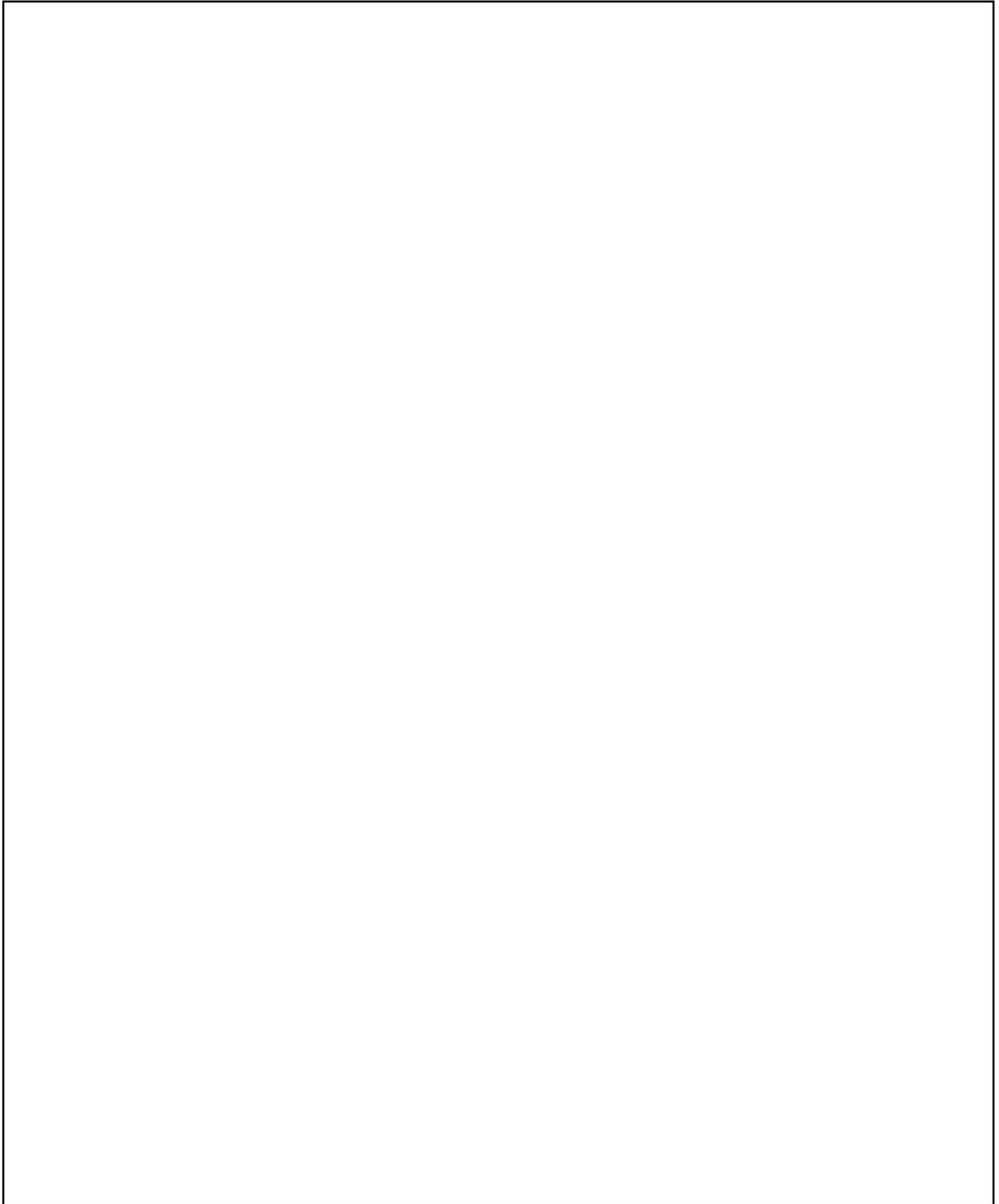
高浜 2 号機の外部しゃへい建屋の質点系モデル図を第 3 図に、補助建屋、中間建屋、燃料取扱建屋及びディーゼル建屋の質点系モデル図を第 4 図に示す。質点系モデルの詳細は、それぞれ高浜 2 号機の資料 1 3 - 1 7 - 7 - 2 「原子炉格納施設の地震応答解析」及び資料 1 3 - 1 6 - 4 「原子炉補助建屋の地震応答解析」による。



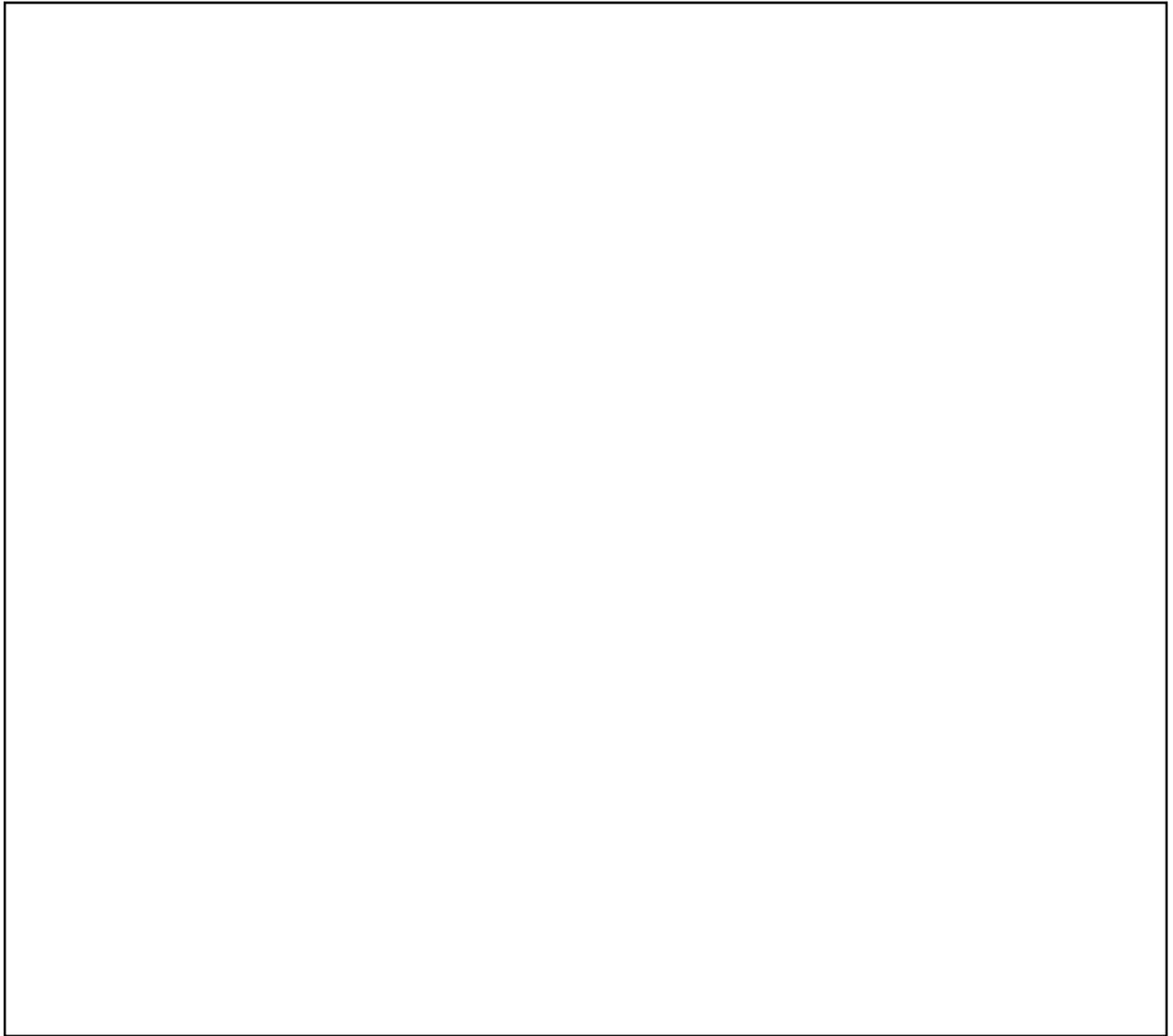
第1図 外部しゃへい建屋の質点系モデル図（高浜1号機）



第 2 図 補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の
質点系モデル図（高浜 1 号機）



第3図 外部しゃへい建屋の質点系モデル図（高浜2号機）



第4図 補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋及びディーゼル建屋の質点系モデル図（高浜2号機）

4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響

鉄骨架構の評価において、平成 28 年 6 月 10 日付け原規規発第 1606104 号にて認可された高浜発電所 1 号機工事計画の資料 1 4 の補足説明資料「風荷重評価における降下火砕物等堆積時の鉄骨架構への影響について」（以下「既工認補足」という。）に示すとおり、評価結果に有意な差がないことから、降下火砕物堆積による鉛直荷重は考慮していない。

以降は、既工認補足の内容を再掲したものであり、降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない。また、高浜 1 号機と高浜 2 号機とで内容は同一である。

点線枠囲み内は、層厚見直し前の補足を再掲。(降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない)

1. 鉄骨造建屋の構造概要

高浜発電所 1, 2 号機の燃料取扱建屋 (FH/B)、補助建屋 (A/B)、ディーゼル建屋 (DG/B) の鉄骨造部分については、耐震ブレース構造となっている。耐震ブレースは、図-1 及び図-2 に示すように建物の外壁部、内部にバランスよく配置されている。

ここでは、地震応答解析モデルにおける、耐震ブレースの変形関係及び剛性の計算方法について示すことにより、建屋屋上において降下火砕物等堆積荷重を受けた際の建屋への影響を確認する。

点線枠内は、層厚見直し前の補足を再掲。(降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない)



(a) EW 方向ブレース配置



(b) NS 方向ブレース配置

図-1 高浜原子力発電所 1 号機 補助建屋及び燃料取扱建屋ブレース配置

点線枠内は、層厚見直し前の補足を再掲。(降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない)



(a) EW 方向ブレース配置



(b) NS 方向ブレース配置

図-2 高浜原子力発電所 2 号機 補助建屋及び燃料取扱建屋ブレース配置

点線枠囲み内は、層厚見直し前の補足を再掲。(降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない)

2. 建屋のせん断-層間変形関係の設定方法

耐震ブレースの構面ごとのせん断力-層間変形角関係は、資料 13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」に示すとおり、「建築耐震設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会、1990)」に基づき算定した耐力及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)」に基づき算定した剛性より算出する。

耐力 ${}_B Q_Y$ は以下の算定式により評価する。

$$167/\sqrt{F} \leq \lambda \text{ の場合 } \quad {}_B Q_Y = A_b \cdot F \cdot \cos \theta \quad \text{引張型}$$

$$\lambda < 167/\sqrt{F} \text{ の場合 } \quad {}_B Q_Y = 2 \sigma_{cr} \cdot A_b \cdot \cos \theta \quad \text{引張・圧縮型}$$

ここで、 λ : 細長比
F : 鋼材の許容応力度の基準値
 A_b : ブレース材の断面積
 θ : ブレース材と水平面とのなす角
 σ_{cr} : 座屈応力度

$$\lambda \leq \Lambda \text{ のとき } \quad \sigma_{cr} = \frac{1-0.4(\lambda/\Lambda)^2}{1+4/9(\lambda/\Lambda)^2} \cdot F$$

$$\Lambda < \lambda \text{ のとき } \quad \sigma_{cr} = \frac{6.83}{\lambda^2} \cdot E$$

$$\Lambda : \text{限界細長比 } (= \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 F}})$$

E : 鋼材のヤング係数

耐震ブレースのせん断-層間変形関係は以上の通り評価されており、鉛直方向の荷重がせん断方向の耐力に寄与しない。よって、積雪及び火山灰が堆積した際に水平方向の耐力が変動することはない。

さらに、耐震ブレースの剛性 K は以下の算定式により評価する。

$$K = \frac{2AES^2H}{\sqrt{(S^2 + H^2)^3}}$$

ここで、A : ブレースの断面積
E : 鋼材のヤング係数
S : 架構の柱間の距離
H : 架構の階高

風荷重による耐震ブレースの応答は弾性範囲内であり、弾性範囲内では部材の剛性は変化しないため、風荷重によるスケルトンカーブへの影響はないと考えられる。

以上を踏まえた、鉄骨架構のせん断力-層間変形角関係の設定手法を図-3 に示す。

点線枠囲み内は、層厚見直し前の補足を再掲。(降下火砕物の最大層厚見直しにより内容の変更は生じない)

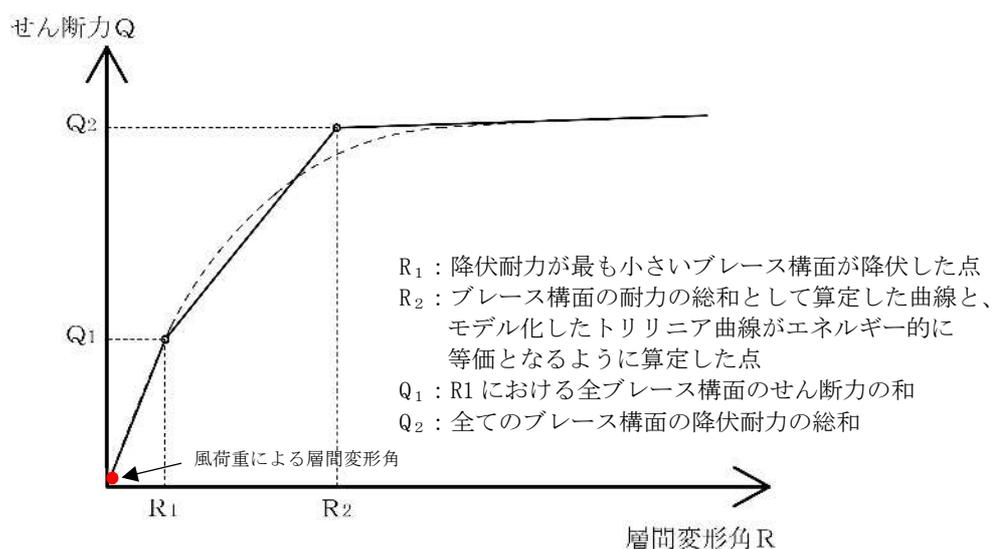


図-3 鉄骨架構のせん断力-層間変形角関係の設定手法

3. 結論

高浜 1, 2 号機の鉄骨造建屋は耐震ブレース構造であり、せん断耐力及び耐震ブレースの剛性は鉛直荷重の影響を受けないことが確認できた。さらに、風荷重による耐震ブレースの変形は弾性範囲であり、原点付近の変形に留まる。よって、建屋屋根部に降下火砕物等が堆積された場合に風荷重を受けても、建屋の健全性に影響はない。

以上

5. まとめ

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について、評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性を確認した。

大飯3，4号機

設計及び工事計画に係る補足説明資料

大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応

(抜粋)

2022年2月

関西電力株式会社

補足説明資料目次

- 補足 1 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しへの対応に係る設計及び工事計画（変更）認可申請書の概要
- 補足 2 構造強度の設計における除灰要員荷重の影響確認について
- 補足 3 建物・構築物への降下火砕物等堆積による静的負荷に対する構造強度評価について
- 補足 4 （欠番）
- 補足 5 設置許可との整合性について
- 補足 6 各影響因子の整理について
- 補足 7 構造強度の設計における保守性の担保について
- 補足 8 評価部位の網羅性について
- 補足 9 最新の気象データについて

建物・構築物への降下火砕物堆積による静的負荷に対する構造強度評価について

(目次)

補足3-1. 評価手法及び評価対象部位について

1. 概要
2. 評価対象とする建屋の選定（DNP許可内容の再確認（SA許可から変更なし））
3. 既認可の評価手法と今回設工認での評価手法の比較
4. 今回設工認での評価手法の適用性
5. 評価対象部位の網羅性及び代表性
6. まとめ

別紙1 評価対象とする建屋の選定について

別紙2 共用建屋の整理

別紙3 評価手法の既認可実績の例

参考資料1 降下火砕物堆積時の柱の検討

参考資料2 降下火砕物堆積時の耐震壁及び基礎の検討

参考資料3 降下火砕物堆積時の接合部の検討

今回説明範囲（大飯3, 4号機の補足説明資料(補足3)の記載を充実。）

補足3-2. 応力評価モデル及びその境界条件について

別紙 四辺固定スラブの応力図

参考資料 評価部位及び評価条件の詳細

補足3-3. 水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要
2. 評価条件
3. 評価に用いた質点系モデル
4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響
5. まとめ

応力評価モデル及びその境界条件について

建屋の屋根スラブ及び梁(トラスを含む)の応力評価モデル及びその境界条件の設定の考え方を以下に示す。

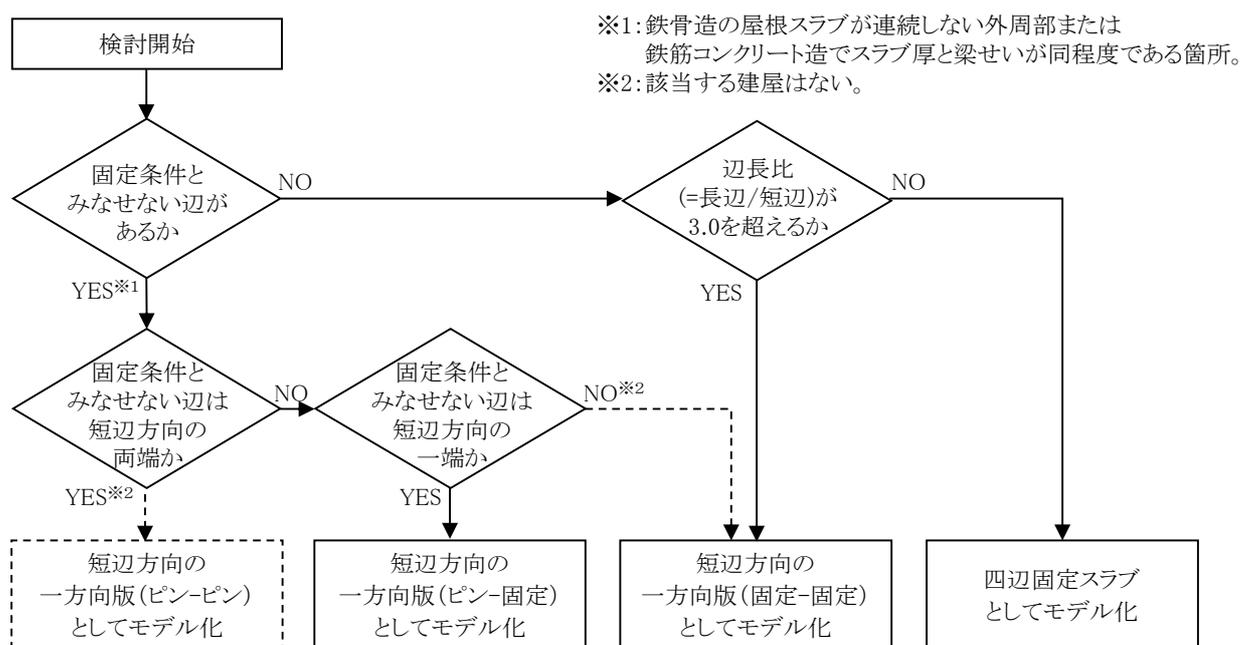
(1) 屋根スラブ

屋根スラブの応力評価モデルは、固定条件とみなせない辺の有無及び辺長比(=長辺/短辺)により、一方向版もしくは四辺固定スラブでモデル化する。固定条件とみなせない辺とは、鉄筋コンクリート造でスラブ厚と梁せいが同程度である箇所または鉄骨造で屋根スラブが連続しない外周部である。

応力評価モデルの考え方は、固定条件とみなせない辺を有する場合、短辺方向の一方向版としてモデル化する。境界条件は、短辺方向の各々の端部が固定条件とみなせない辺であるかに応じて、一方向版(ピン-ピン)、一方向版(ピン-固定)及び一方向版(固定-固定)から選定する。ここで、固定条件とみなせない辺をピン条件として設定することは、固定条件とする場合に比べ、部材に発生する応力の最大値が大きくなるため、保守的な評価となる。

4辺が固定条件とみなせる場合、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(社)日本建築学会(1991)」における四辺固定スラブの応力図(別紙参照)が、辺長比 3.0 以下の範囲で記載されていることから、辺長比 3.0 を超える場合は一方向版(固定-固定)としてモデル化する。辺長比 3.0 以下の場合には四辺固定スラブとしてモデル化する。

屋根スラブの境界条件の検討フローを第 1 図に示す。



第 1 図 屋根スラブの境界条件の検討フロー

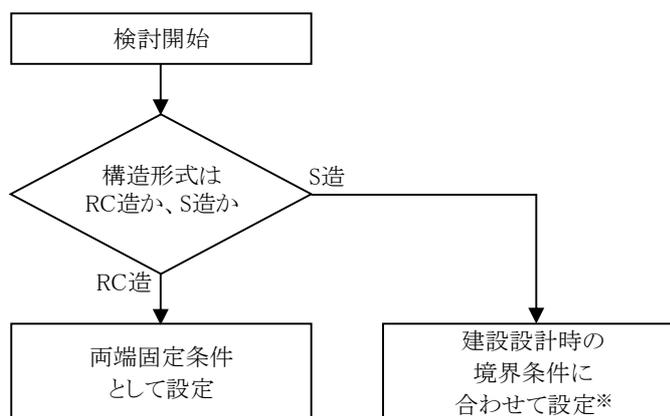
(2) 二次部材の梁

二次部材の梁の応力評価モデルは、**両端ピン条件の場合が最も曲げモーメントの最大値が大きくなることから**、鉄筋コンクリート造か鉄骨造によらず、境界条件を両端ピン条件として設定する。

(3) 一次部材の梁

一次部材の梁の応力評価モデルは、鉄筋コンクリート造の場合は、境界条件を両端固定条件として設定する。鉄骨造の場合は、建設設計時の境界条件に合わせる。

一次部材の梁の境界条件の検討フローを第2図に示す。



※：各建屋における建設設計時の境界条件は第1表参照。

第2図 一次部材の梁の境界条件の検討フロー

各建屋の評価結果を記載する部材について、応力評価モデルにおける境界条件を第1表に示す。

第1表 応力評価モデルにおける境界条件（大飯3,4号機）

建屋※ ¹	評価結果を記載する部位	境界条件	備考
原子炉格納容器	ドーム	—※ ²	
原子炉周辺建屋	屋根スラブ	一方向版 (固定-ピン)	
	二次部材の梁	両端ピン条件	
制御建屋 (3,4号機共用)	屋根スラブ	一方向版 (固定-固定)	
	一次部材の梁(S梁)	建設設計時の境界条件 (両端ピン条件)	
廃棄物処理建屋 (3,4号機共用)	屋根スラブ	四辺固定スラブ	辺長比 □
	一次部材の梁(RC梁)	両端固定条件	
緊急時対策所建屋 (3,4号機共用)	屋根スラブ	四辺固定スラブ	辺長比 □
	一次部材の梁(RC梁)	両端固定条件	

※¹：大飯3,4号機にトラスを有する建屋はない。

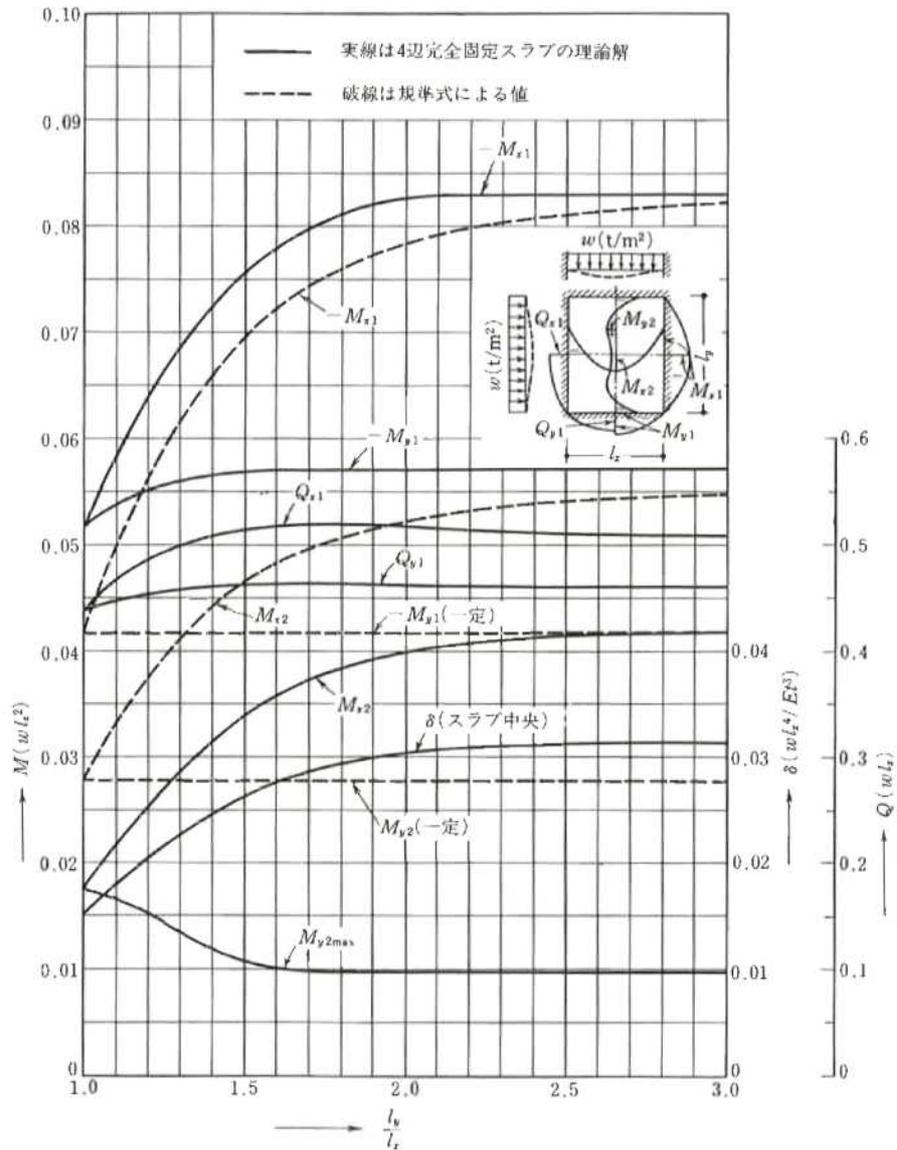
※²：3次元FEMモデルを用いて応力評価。

「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（社）日本建築学会（1991）」における
四辺固定スラブの応力図

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ — 475 —

付 10. 長方形スラブの応力とたわみ

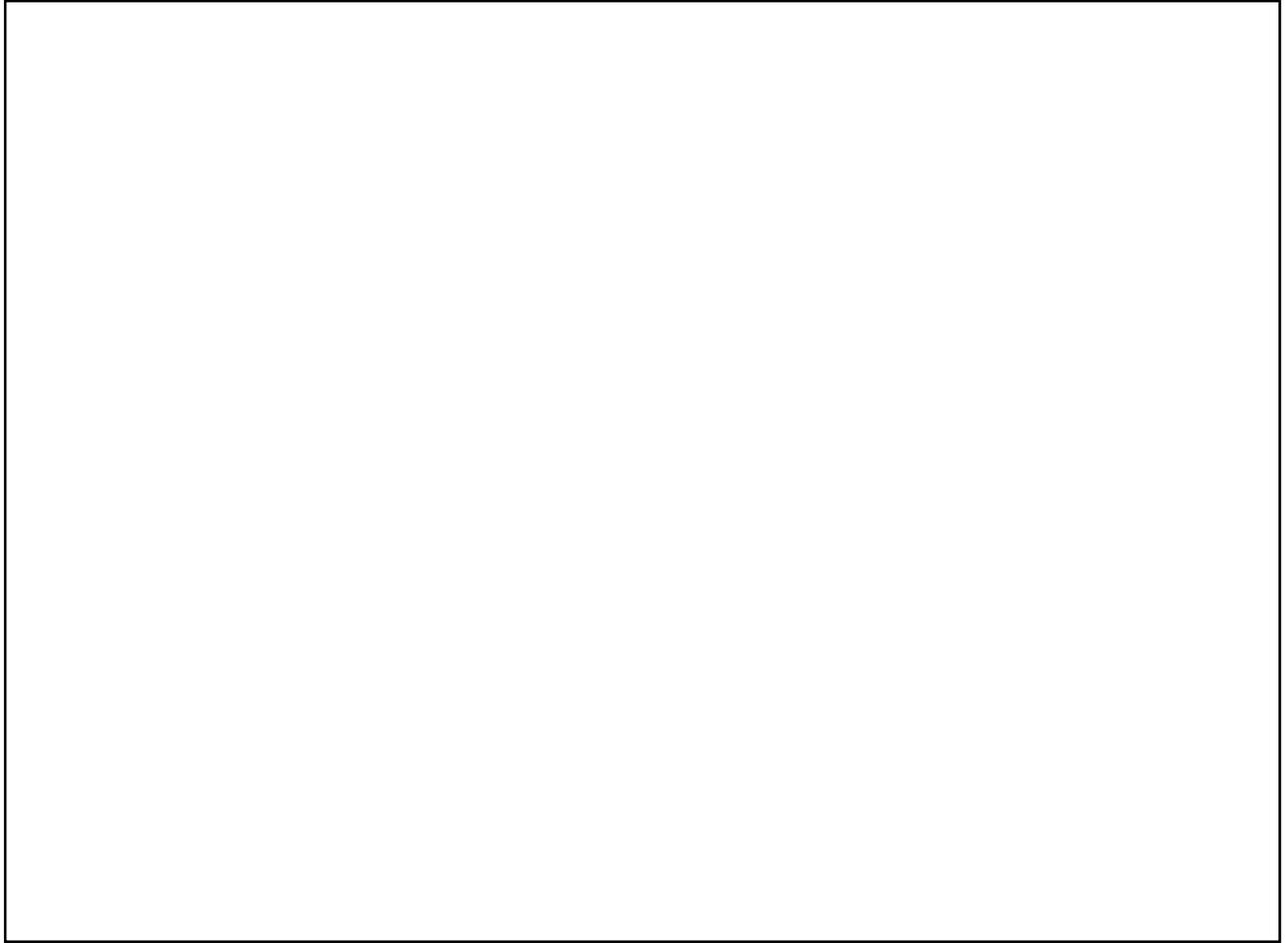
(E : コンクリートのヤング係数)
(t : スラブ厚)



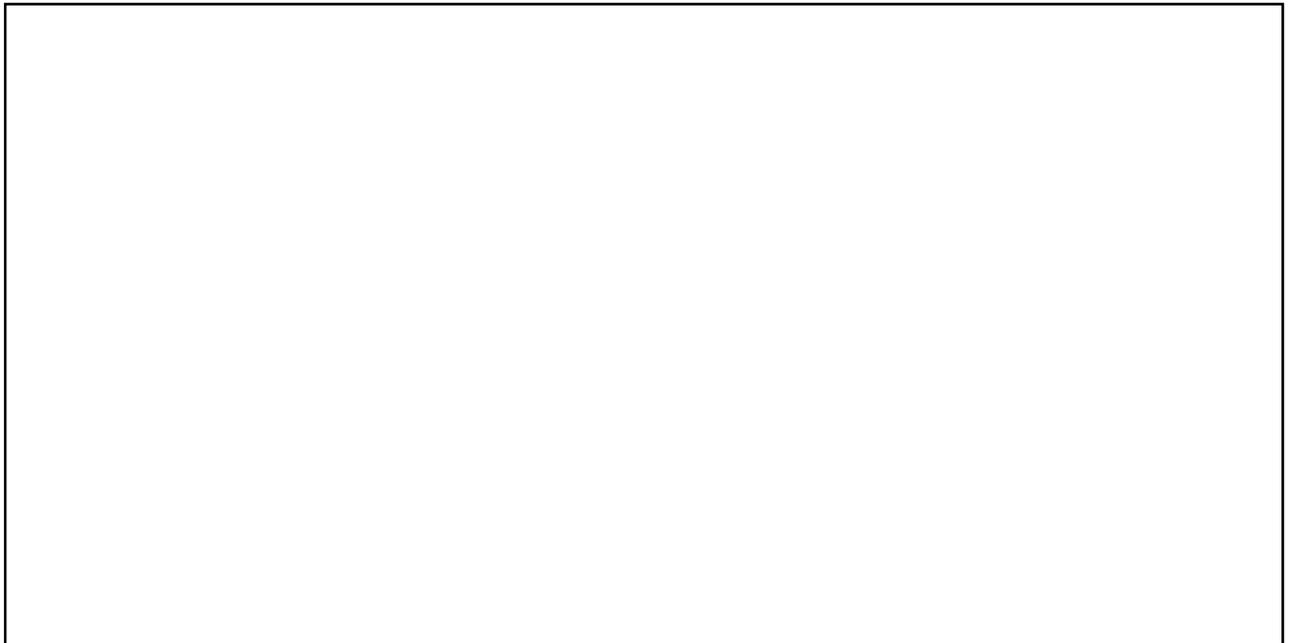
付図 10.1 等分布荷重時 4 辺固定スラブの応力図と中央点のたわみ $\delta^{(1)}(\nu=0)$

評価部材の位置及び評価条件の詳細

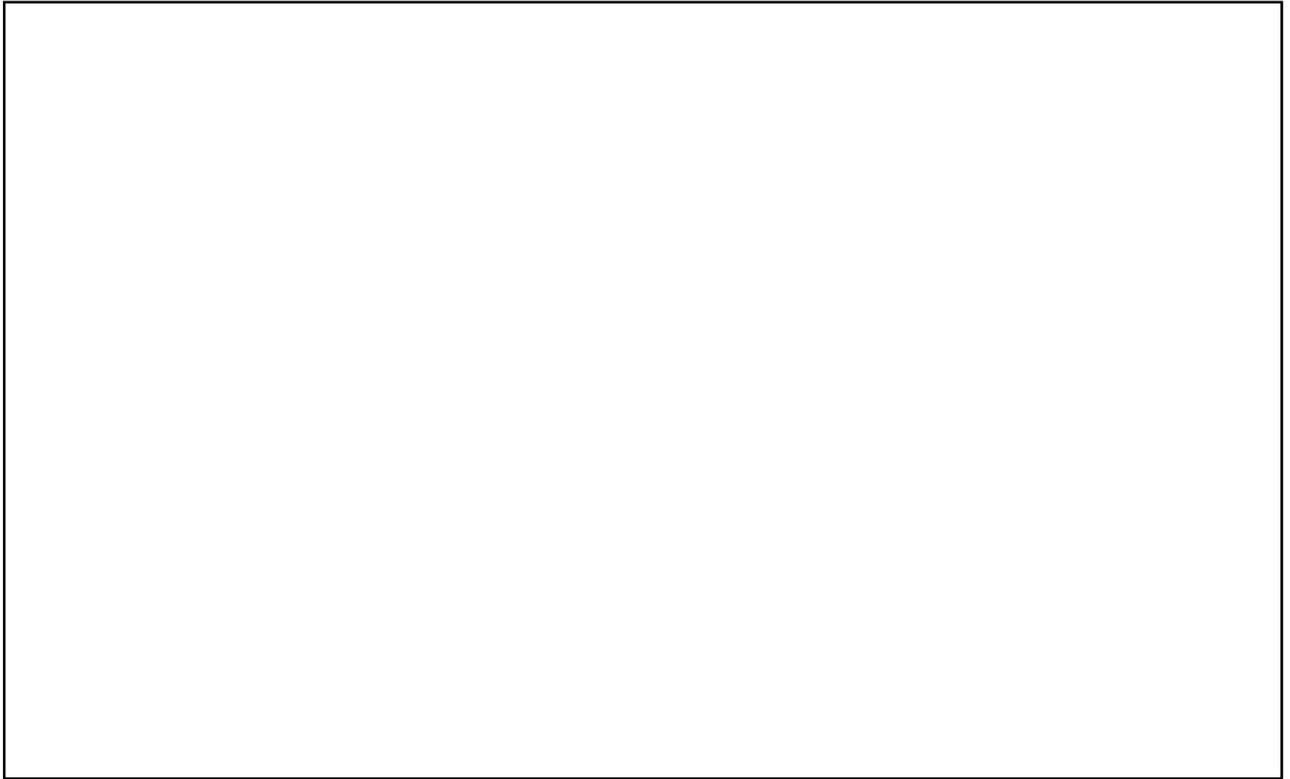
本資料は、資料4別添1-3「建屋の強度計算書」に評価結果を記載した屋根スラブ及び梁の評価部材の位置及び評価条件を再掲し、一部説明を加え、補足するものである。評価部材の位置を参-1図～参-8図に、部材の評価条件を参-1表～参-8表に示す。なお、参-1図～参-8図及び参-1表～参-8表に示している評価部材の高さは、当該スラブの上面または当該梁が支持するフロアレベルとしている。



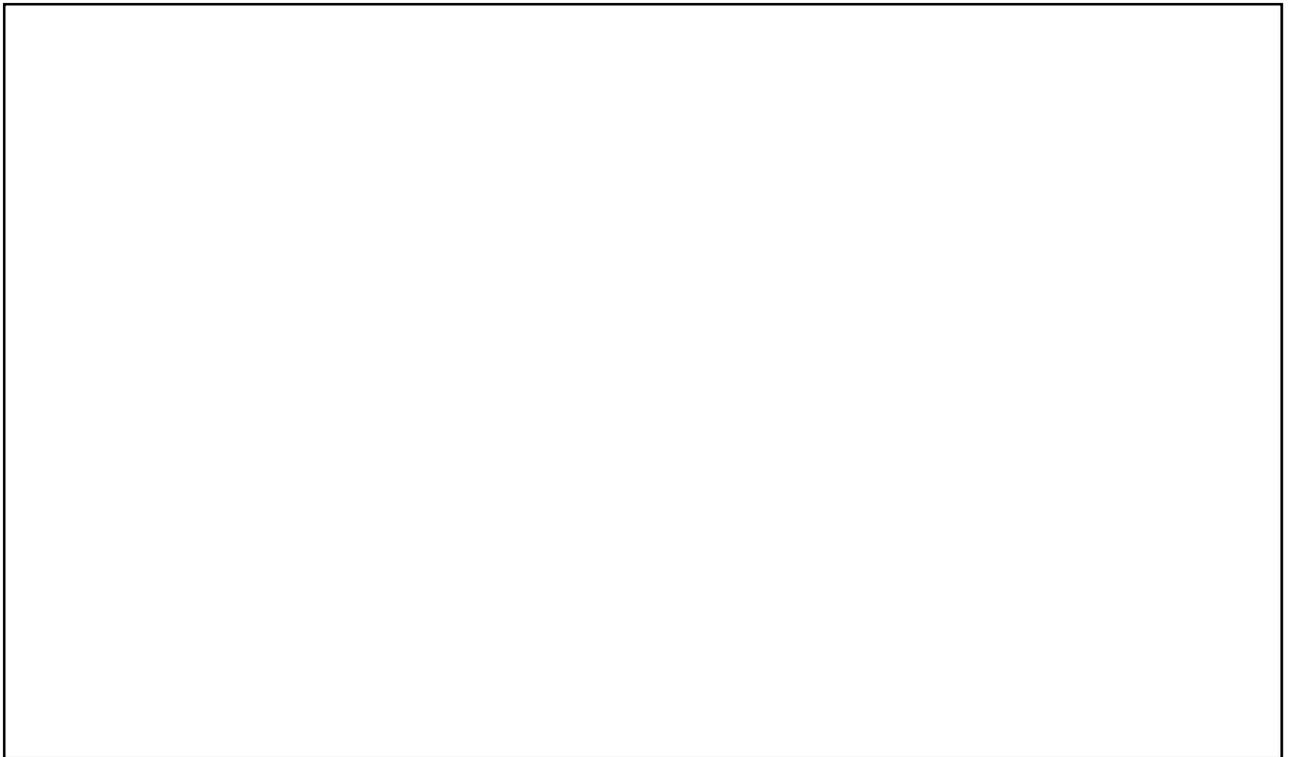
参-1 図 原子炉周辺建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



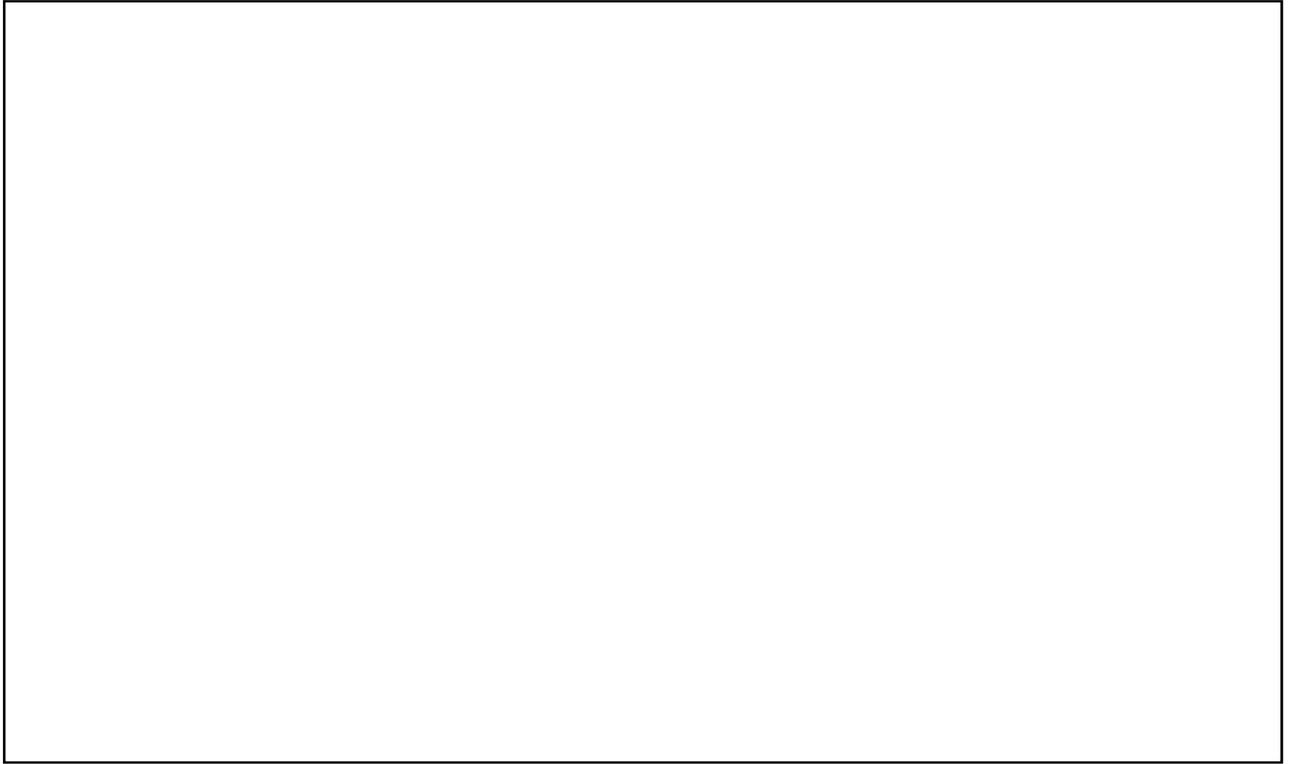
参-2 図 原子炉周辺建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



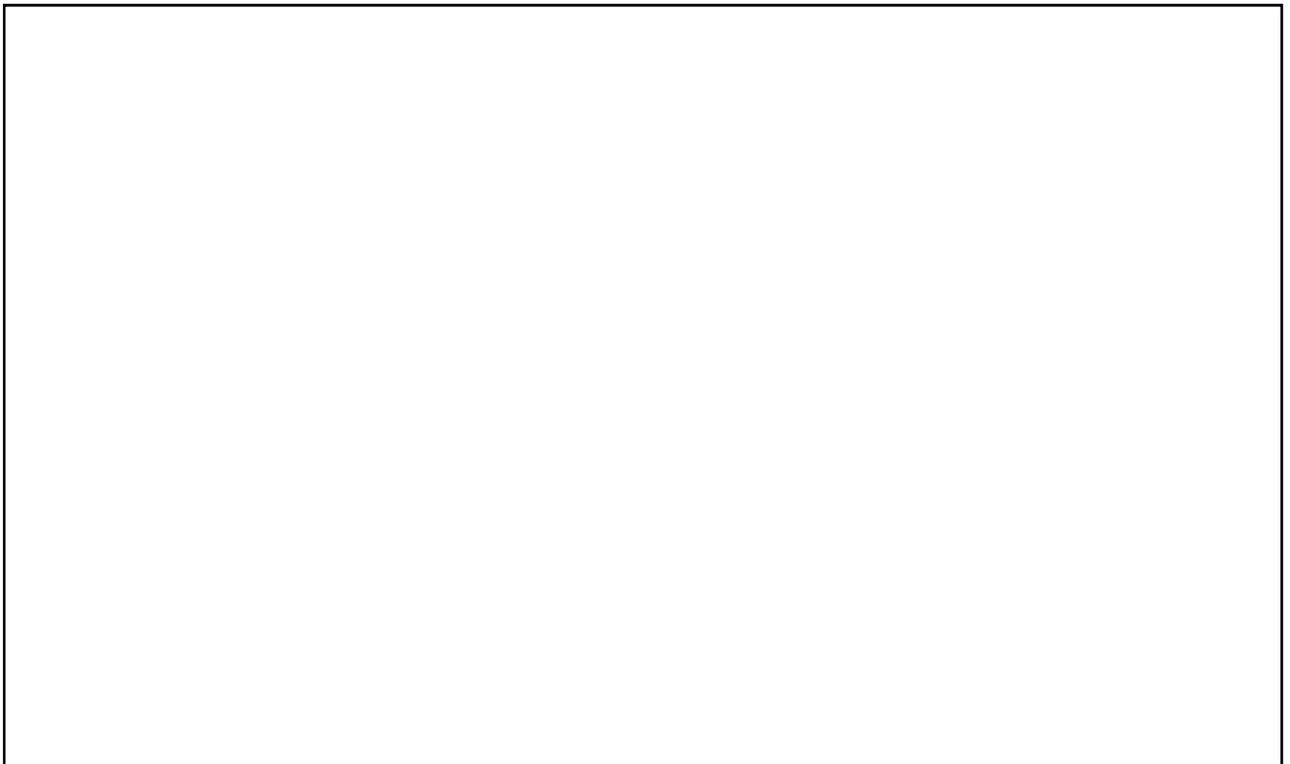
参-3 図 制御建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



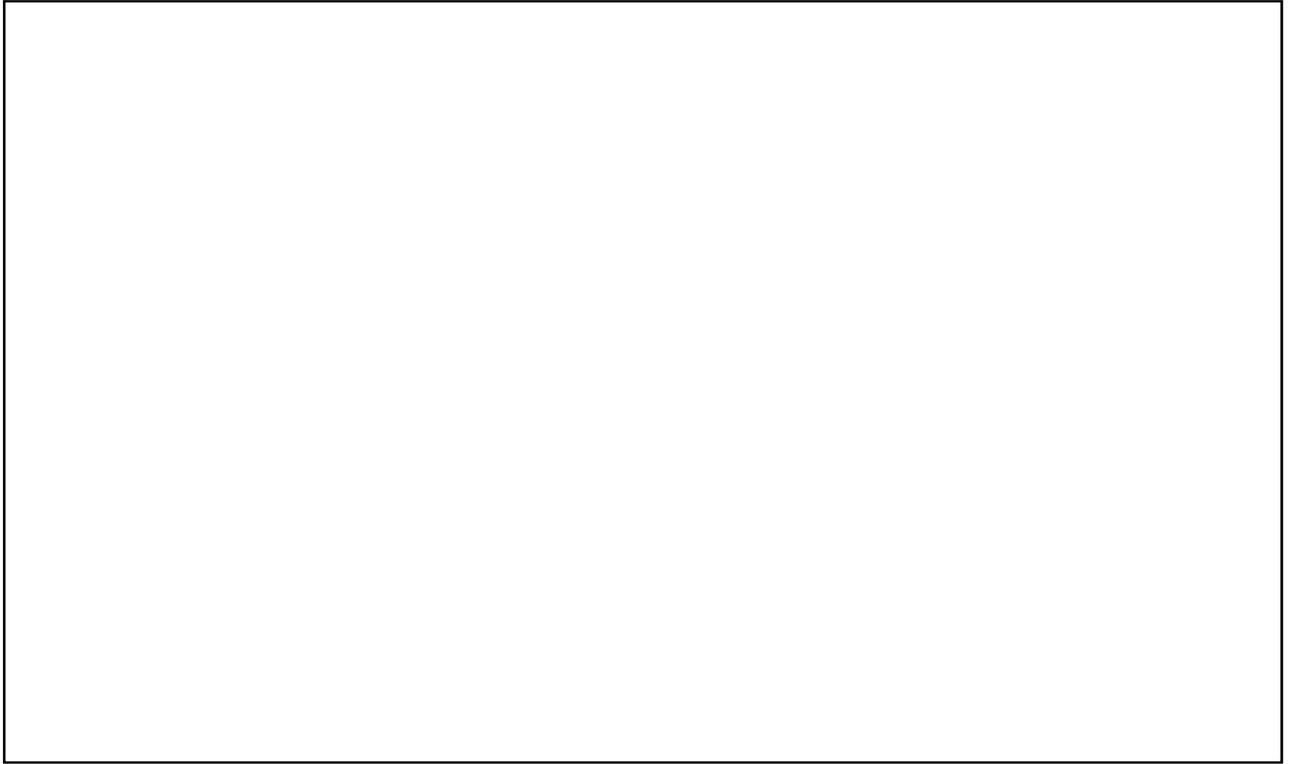
参-4 図 制御建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



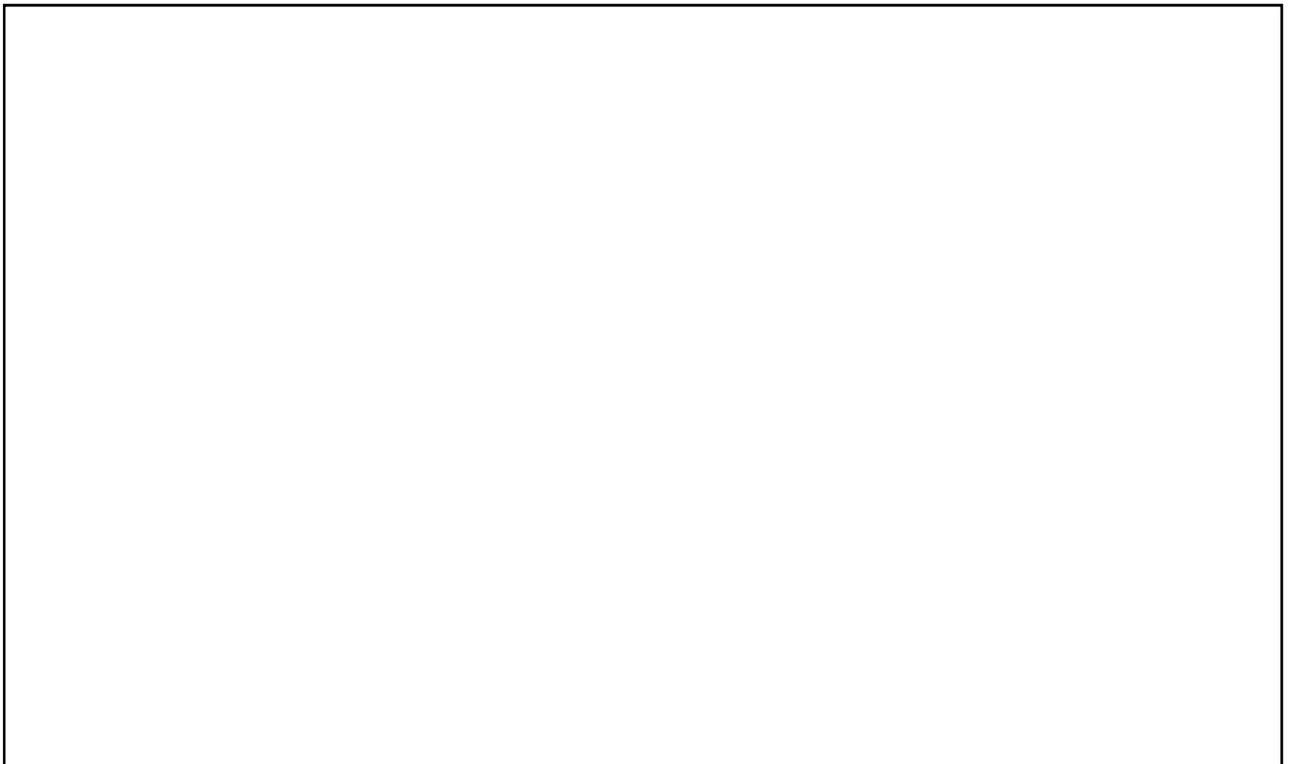
参-5 図 廃棄物処理建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-6 図 廃棄物処理建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-7 図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置 (E. L. m)



参-8 図 緊急時対策所建屋 梁の評価を記載する部材の位置 (E. L. m)

参-1表 原子炉周辺建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象 部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D13@200	635

参-2表 原子炉周辺建屋 梁 評価条件

評価対象部位		片側支配幅 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-600×200×11×17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2,590	6,226

参-3表 制御建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象 部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D19@200	1,435

参-4表 制御建屋 梁 評価条件

評価対象部位		梁間寸法 (m)	支持スパン (m)	断面係数 (cm ³)	せん断断面積 (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	H-890×299×15×23	<input type="text"/>	<input type="text"/>	7,760	12,660

参-5表 廃棄物処理建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D19、D22 交互@200 D19@200	1,685 1,435

参-6表 廃棄物処理建屋 梁 評価条件

評価対象部位	梁せい (mm)	有効せい (mm)	梁間寸法 (m)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8-D32	6,352

参-7表 緊急時対策所建屋 屋根スラブ 評価条件

評価対象部位	スラブ厚 (mm)	有効せい (mm)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ² /m)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	D29@200	3,210

参-8表 緊急時対策所建屋 梁 評価条件

評価対象部位	梁せい (mm)	有効せい (mm)	梁間寸法 (m)	支持スパン (m)	配筋	配筋量 (片側) (mm ²)
E. L. <input type="text"/> m	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	8-D32	6,352

水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について

1. 概要

建屋の強度評価において、降下火砕物堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重のうち、風荷重に対しては、水平荷重に抵抗する耐震壁及び鉄骨架構を評価対象部位としている。

本資料では、耐震壁及び鉄骨架構の評価における評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性について説明する。

2. 評価条件

(本節の記載は、資料4別添1-3「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。なお、大飯3号機と大飯4号機とで同一構造であることから、大飯3号機について記載する。)

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重である風荷重の算出に用いる記号を第1表のとおり定義する。基準風速は32m/sとする。また、風荷重の算出条件を第2表に示す。

第1表 風荷重の算出に用いる記号

記号	単位	定義
A	m ²	受風面積 (風向に垂直な面に投影した面積)
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第87条第2項に規定する数値
E _r	—	建設省告示第1454号の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表わす係数
G	—	ガスト影響係数
H	m	全高
q	N/m ²	速度圧
V _D	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第1454号に掲げる数値

風荷重 W は、以下の式に従い算出する。全高 H が Z_b (5m) を超えるため、H が Z_b を超える場合の式を用いる。風荷重 W の算出は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数 C 及び受風面積 A に基づき実施(下図参照)し、風荷重 W の算出に用いる受風面積算定において、隣接する建屋の遮断効果は保守的に考慮しない。

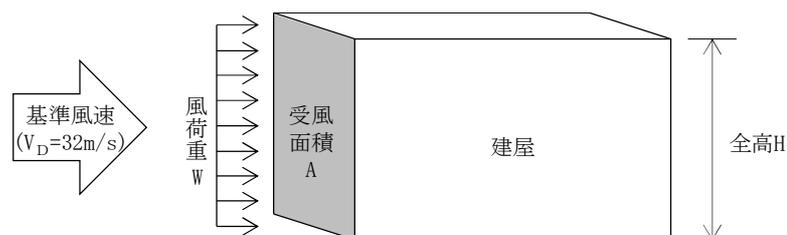
$$W = q \cdot C \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/Z_G)^\alpha$$



風荷重の作用イメージ

第2表 風荷重の算出条件

施設名称	基準風速 V_D (m/s)	全高 H (m)	Z_G (m)	α	ガスト 影響係数 G	設計用 速度圧 q (N/m^2)
<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉格納容器 ・ 原子炉周辺建屋 ・ 制御建屋 ・ 廃棄物処理建屋 	32	□ ^{※1}	350	0.15	2.20 ^{※2}	2,650
<ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所建屋 	32	□	450	0.20	2.50 ^{※3}	984

※1：保守的に、原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋及び廃棄物処理建屋のうち最も大きい原子炉格納容器の最高高さ (E.L. □ m) と地面の高さ (E.L. □ m) の差を、全建物に対する係数として採用。

※2：保守的に、建築基準法施行令第87条第4項の規定及び平成12年5月31日建設省告示第1454号第1第3項の表のうち、該当地表面粗度区分Ⅱにおける最大値を採用

※3：保守的に、建築基準法施行令第87条第4項の規定及び平成12年5月31日建設省告示第1454号第1第3項の表のうち、該当地表面粗度区分Ⅲにおける最大値を採用

3. 評価に用いた質点系モデル

(本節の記載は、資料4別添1-3「建屋の強度計算書」の内容に、一部説明を加え、補足するものである。なお、大飯3号機と大飯4号機とで同一構造であることから、大飯3号機について記載する。)

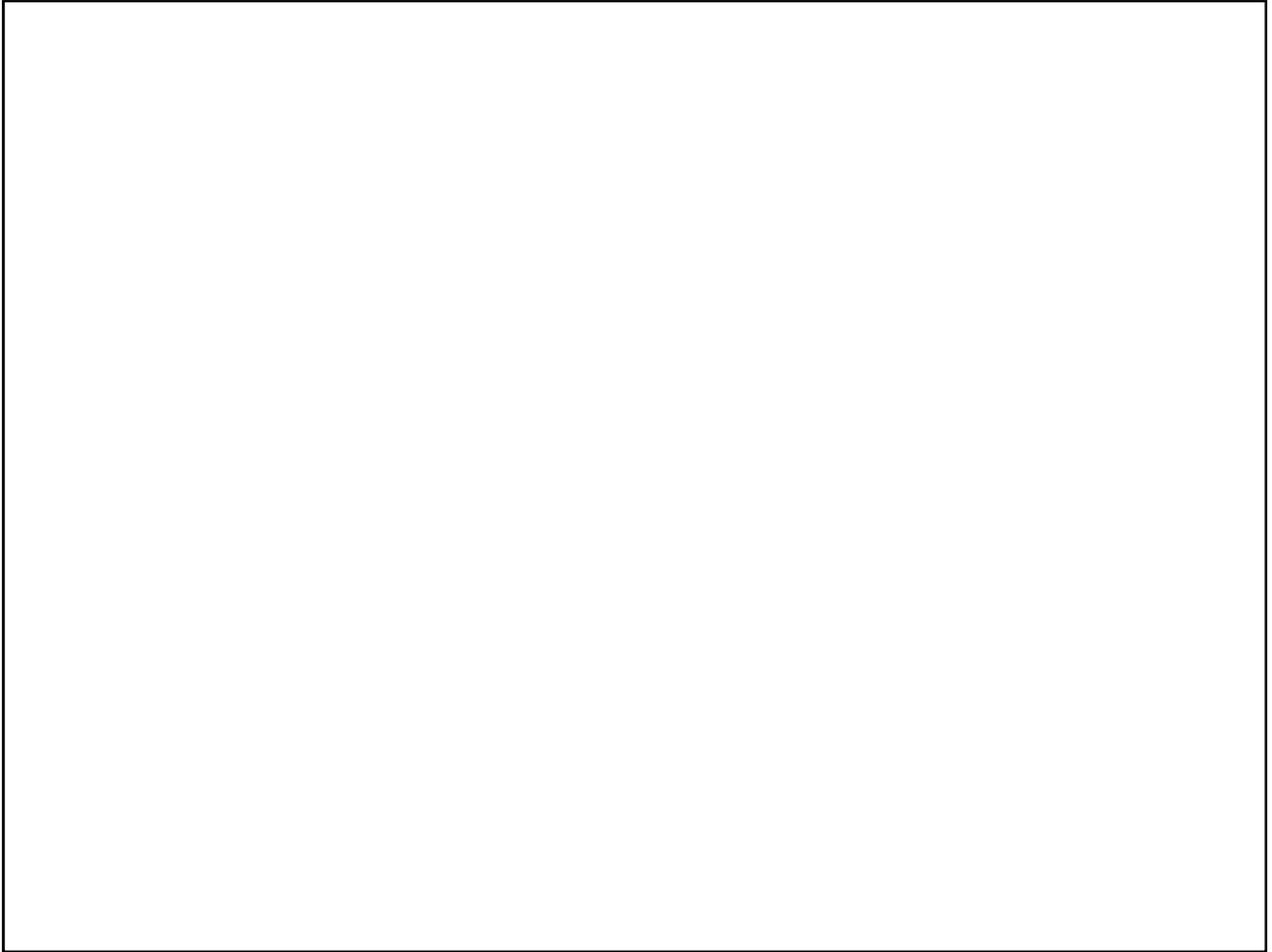
降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重(風荷重)に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価は、建屋の質点系モデルを用いて評価している。

耐震壁の評価は、風荷重により耐震壁に発生するせん断ひずみを評価し、耐震壁のせん断ひずみの評価基準値(せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ)を超えないことを確認する。なお、各質点系モデルの復元力特性の設定においては、降下火砕物等堆積による軸力を考慮すると第1折点の増大が見込まれるため、保守的に降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮しない。

鉄骨架構の評価は、風荷重により鉄骨架構に発生する層間変形角を評価し、鉄骨架構の最大層間変形角の評価基準値(1/200)を超えないことを確認する。なお、降下火砕物堆積による軸力を考慮すると各質点系モデルの復元力特性に差異が見込まれるが、評価結果に有意な差はないことから、本評価では降下火砕物堆積による鉛直荷重を考慮しない。

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋の質点系モデル図は、原子炉格納施設として第1図に、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の質点系モデル図は、それぞれ第2図～第4図に示す。

質点系モデルの詳細は、それぞれ平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された大飯発電所第3号機工事計画の資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」、資料13-16-5「制御建屋の地震応答解析」及び資料13-18-2-1「廃棄物処理建屋の耐震計算書」並びに令和2年5月14日付け原規規発第2005141号にて認可された大飯発電所第3号機の設計及び工事の計画の資料10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」による。



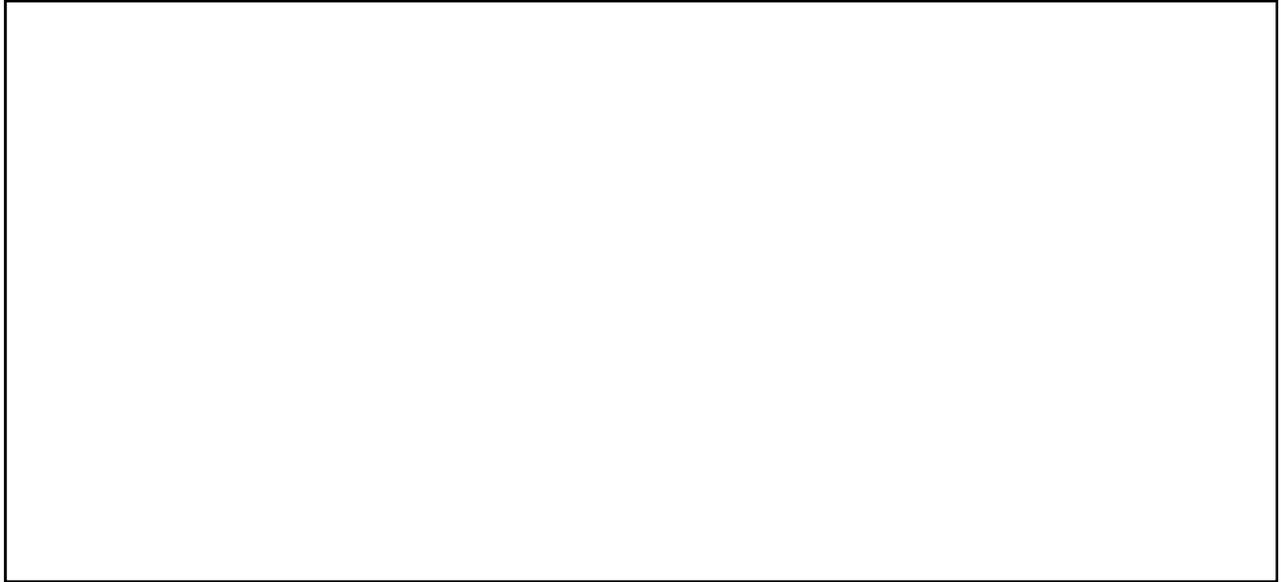
(a) NS 方向

第 1 図 原子炉格納施設の質点系モデル図 (1/2)

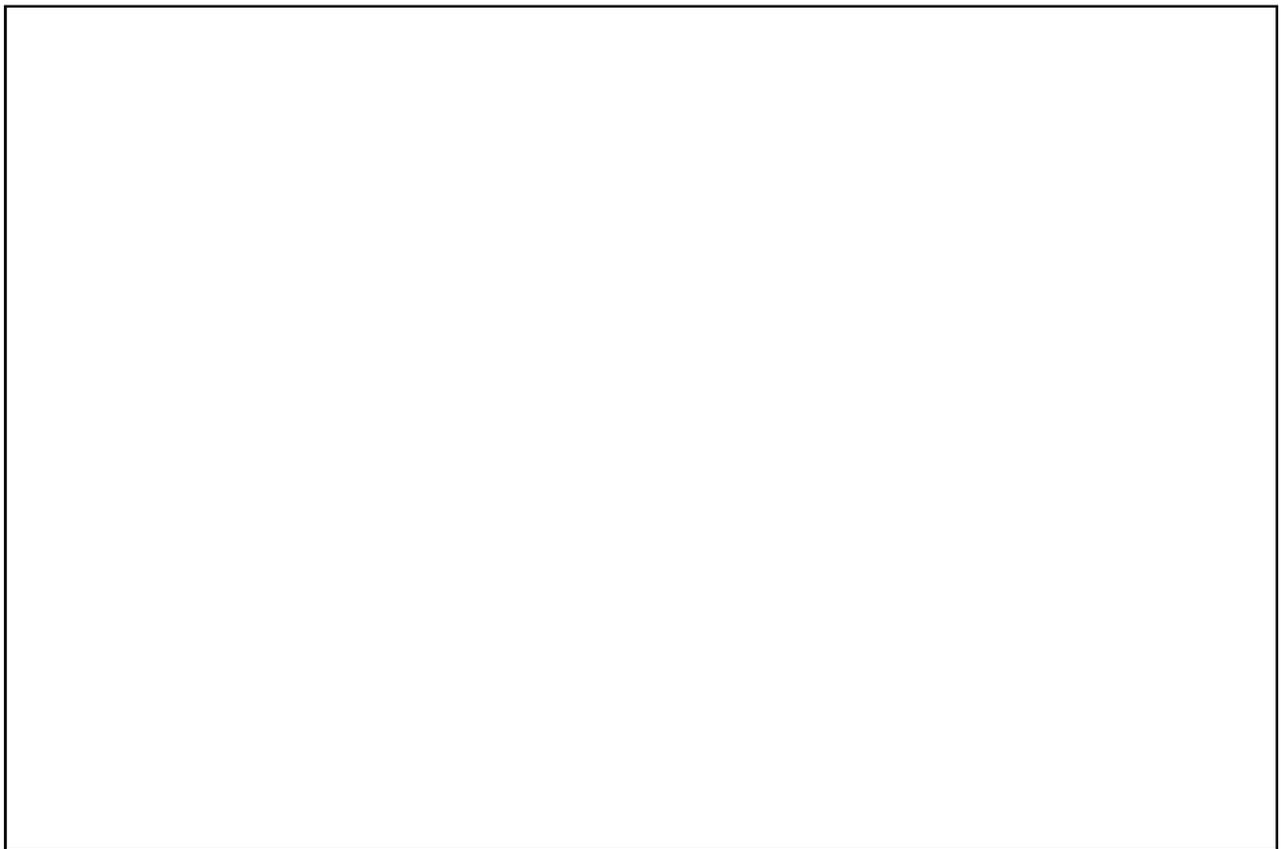


(b) EW 方向

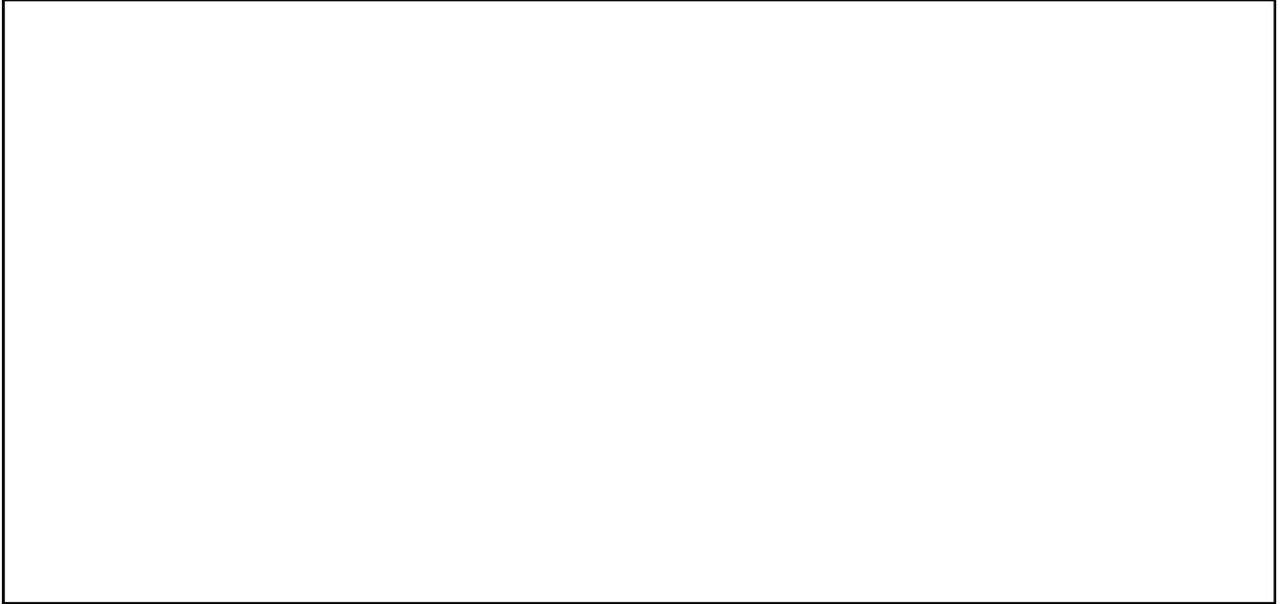
第 1 図 原子炉格納施設の質点系モデル図 (2/2)



第2図 制御建屋(3,4号機共用)の質点系モデル図



第3図 廃棄物処理建屋(3,4号機共用)の質点系モデル図



第4図 緊急時対策所建屋(3,4号機共用)の質点系モデル図

4. 鉄骨架構の復元力特性に対する降下火砕物等堆積による影響

鉄骨架構の評価において、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708254 号にて認可された大飯発電所第 3 号機工事計画の資料 1 4 の補足説明資料「風荷重評価における降下火砕物等堆積時の鉄骨架構への影響について」（以下「既工認補足」という。）に示すとおり、評価結果に有意な差がないことから、降下火砕物堆積による鉛直荷重は考慮していない。

本設では、地震応答解析モデルにおけるスケルトンカーブの設定方法について示し、降下火砕物の最大層厚見直しを反映した場合の降下火砕物等堆積による鉛直荷重を受けた際の鉄骨架構への影響を、念のため確認する。

以降は、既工認補足の内容について、降下火砕物の最大層厚見直しを反映（下線部）したものである。なお、大飯 3 号機と大飯 4 号機とで同一構造であることから、大飯 3 号機について記載する。

点線枠囲み内は、既工認補足の内容に、降下火砕物の最大層厚見直しを反映(下線部)したもの。

1.1. 鉄骨造建屋の構造概要

大飯発電所 3,4 号機の原子炉周辺建屋 (E/B) は一部鉄骨ラーメン構造の建屋であり、柱及び梁によって水平力を負担する構造となっている。

ここでは、地震応答解析モデルにおけるスケルトンカーブの設定方法について示すことにより、建屋屋根部に降下火砕物等堆積時に風荷重を受けた場合の鉄骨架構への影響を確認する。

1.2. 鉄骨架構のスケルトンカーブの設定について

鉄骨架構のスケルトンカーブについては、資料 13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」に示すとおり、ラーメン架構の全変形をせん断変形とみなした等価せん断剛性として評価し、鉄骨造部のせん断力一層間変形関係 ($Q-\delta$ 関係) はトリリニア型スケルトンとしてモデル化している。第 1 折点とする降伏強度は、層を構成する部材の応力が短期許容応力度に達する時の層せん断力として算定し、第 2 折点とする終局強度は、塑性理論より得られる構造物の崩壊機構形成時の保有水平耐力として算定している。

1.3. 降下火砕物等堆積時の鉄骨架構への影響について

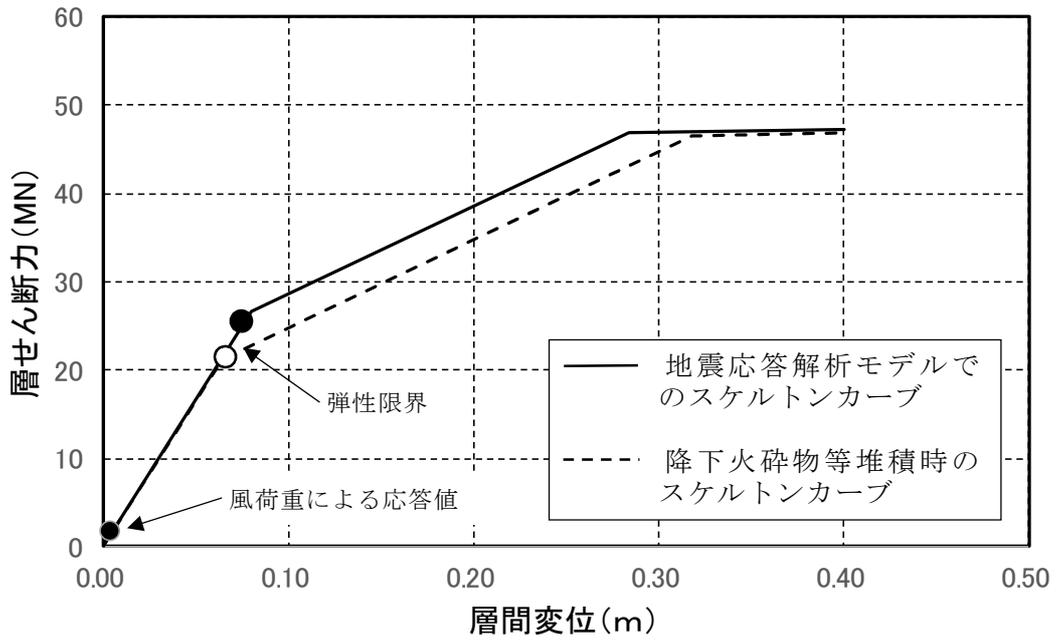
鉄骨架構のスケルトンカーブにおいて降下火砕物等を考慮した場合、初期剛性は変化せず、第 1 折点は降下火砕物等の荷重による部材の応力増加により小さくなる。

第 1-1 図に示すように、降下火砕物等の荷重により第 1 折点は小さくなるものの、風荷重による変形は弾性範囲内であり、原点付近の変形に留まることから、降下火砕物等堆積時における軸力の増加率の影響を踏まえても建屋の健全性に支障はないと考えられる。

ここで、降下火砕物等堆積時における軸力増加の影響を踏まえても建屋の健全性に支障はないとしているものの、耐力が低下する方向であることから、柱の軸力の増加分から柱全塑性モーメントを算出し「鋼構造塑性設計指針」に基づく相関関係 (以下、M-N 相関という。) を利用して建屋鉄骨架構の層せん断耐力に与える影響を確認する。検討にあたっては、降下火砕物等堆積時における軸力の増加率が最も大きくなる部材 32 (EW 方向) を代表例として示す。

E/B 鉄骨部の鉄骨造の範囲を第 3-2 図に示す。また、当該建物の EW 方向における、各柱を合算した層としての軸力増加前後の全塑性モーメント集計結果を第 1-1 表に、算出した建屋の軸力増加量を M-N 相関に適用して算出した柱耐力低下率の最大値を第 1-2 表に、32 (EW 方向) の層せん断耐力への影響を第 1-3 図に示す。これらより、耐力の低下は建屋の層せん断耐力にほぼ影響がないと考えられる。

点線枠囲み内は、既工認補足の内容に、降下火砕物の最大層厚見直しを反映(下線部)したもの。



第1-1図 降下火砕物等堆積時のスケルトンカーブの変化と風荷重による応答値の関係

点線枠内は、既工認補足の内容に、降下火砕物の最大層厚見直しを反映(下線部)したもの。



 鉄骨造

第 1-2 図 E/B の鉄骨部範囲

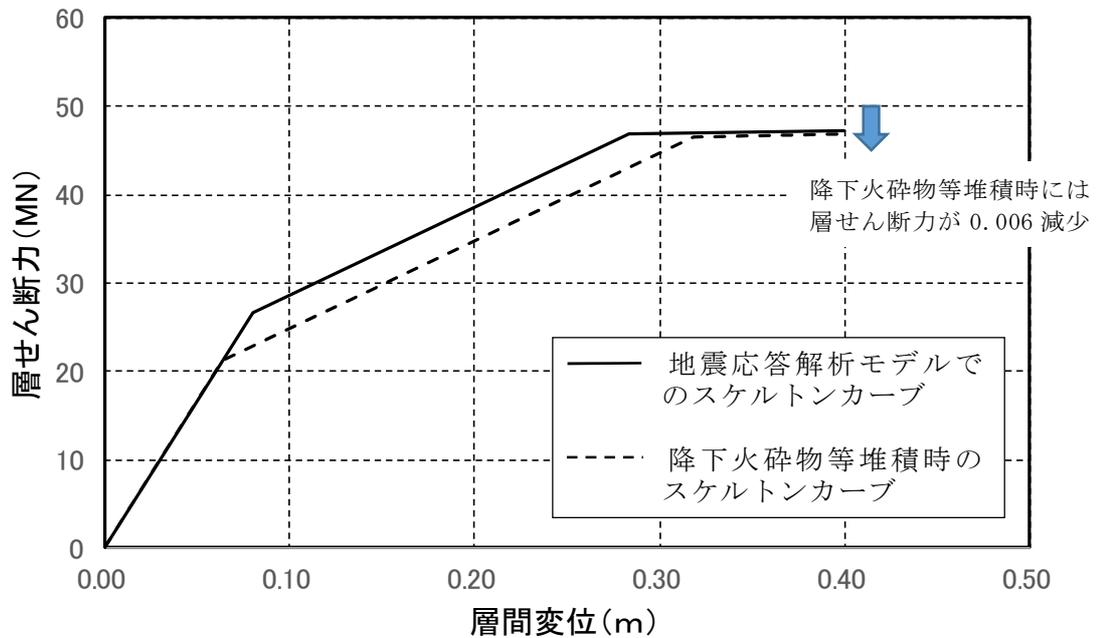
点線枠囲み内は、既工認補足の内容に、降下火砕物の最大層厚見直しを反映(下線部)したもの。

第1-1表 E/B全塑性モーメントの集計結果 (EW方向)

柱設置高さ (E. L. +m)	軸力増加前 (kNm)	軸力増加後 (kNm)	変化率
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> <p>(32 該当箇所)</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>	<u>0.006</u>

第1-2表 層の柱耐力低下率最大値

方向	構造形式	層の柱耐力低下率 最大値
<u>EW</u>	ラーメン構造	<u>0.006</u>



第1-3図 (32) (EW方向) の層せん断耐力への影響

点線枠内は、既工認補足の内容に、降下火砕物の最大層厚見直しを反映(下線部)したもの。

1.4. 結論

風荷重による層せん断力については弾性範囲にとどまるとともに、弾性範囲内では降下火砕物等堆積物の有無によるスケルトンカーブの差はないことから、鉄骨架構への影響はないことを確認した。

以上より、降下火砕物等堆積時に風荷重を受けた場合においても、鉄骨架構の健全性が保たれることを確認した。

5. まとめ

降下火砕物等堆積時に組み合わせる水平荷重に対する耐震壁及び鉄骨架構の評価について、評価条件及び評価に用いた質点系モデルの妥当性を確認した。