

DNP 設工認審査資料	
—	参考
2022年2月8日	

美浜3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

<建屋の強度計算に係る参考資料>

2022年2月
関西電力株式会社

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 117>

建屋の評価対象部位の考え方を変更することに伴い、現状申請資料のどの箇所に影響するかを説明する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 128>

緊急時対策所建屋について、パラペットを含めた高さを記載する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 129>

緊急時対策所建屋の高さについて、記載を充実する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 130>

建屋の梁自重の考慮方法について、記載を充実する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 131>

建屋の質点系モデルの部材番号が記載される表は、それぞれの質点系モデルの図番号の引用を追記する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 132>

建屋の結果を記載する部材について、記載を充実する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 134>

緊急時対策所建屋のスラブの境界条件において片方をピンとする理由を記載する。

<DNPヒアリング 自主的対応事項 No. 138>

建屋の強度計算書の図面について、主要寸法がわかるように工夫する。

- ・自主的対応事項 No. 117 : (M3) 通し P2~3, 6~74 (別紙1)
(034)通し P2, 4~5, 75~140 (別紙2)
- ・自主的対応事項 No. 128 : (M3) 通し P18 (034)通し P88
- ・自主的対応事項 No. 129 : (M3) 通し P18 (034)通し P88
- ・自主的対応事項 No. 130 : (M3) 通し P23 (034)通し P93
- ・自主的対応事項 No. 131 : (M3) 通し P27~32, 69~74 (034)通し P97~102, 135~140
- ・自主的対応事項 No. 132 : (M3) 通し P43 (034)通し P115
- ・自主的対応事項 No. 134 : (M3) 通し P56 (034) - (該当箇所なし)
- ・自主的対応事項 No. 138 : (M3) 通し P43~50 (034)通し P117~119

<対応>

2021年12月23日の審査会合^{※1}で示したとおり、建屋の評価対象部位にトラス及び一次部材の梁を含める方針に変更したことから、DB施設及びSA施設の建屋の強度計算書については、下記に示す資料に影響がある。なお、大飯3, 4号機についてはトラスを有する建屋はない。

2022年1月19日付けの一部補正（評価対象部位にトラス及び一次部材の梁を含める）の内容を反映した美浜3号機の資料4別添1-4「建屋の強度計算書」を別紙1に、大飯3号機の資料4別添1-3「建屋の強度計算書」を別紙2に示す。

(影響のある資料)

○美浜3号機

- ・資料4別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」（建屋の許容限界にトラス・一次部材の梁を含める。記載に影響のある建屋の許容限界を第1表に示す。）
- ・資料4別添1-4「建屋の強度計算書」（トラス・一次部材の梁の評価結果を含める。）

○大飯3, 4号機

- ・資料4別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」（建屋の許容限界に一次部材の梁を含める。記載に影響のある建屋の許容限界を第2表及び第3表に示す。）
- ・資料4別添1-3「建屋の強度計算書」（一次部材の梁の評価結果を含める。）

※1：第1021回 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(2021年12月23日)の資料1-1-1「美浜3号機、高浜1, 2号機及び大飯3, 4号機 設計及び工事計画認可申請に係る審査会合における指摘事項への回答について【大山生竹テフラ噴出規模見直しに係る対応】参照

第1表 緊急時対策所建屋(美浜3号機)の許容限界

(美浜3号機の資料4 別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」より抜粋・加筆)

□: 補正箇所

第4-5表 建屋の許容限界 (5/5)

(g) 緊急時対策所建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3
			RC 梁		「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3
		耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※3	
※1 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	屋根スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3	
		耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※4	
※2 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度	
		耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※4	

※1: 緊急時対策所建屋の一部を構成している緊急時対策所遮蔽を対象とする。

※2: 緊急時対策所は、居住性の評価を行っており、緊急時対策所換気設備の処理対象となるバウンダリを定めることから、気密性の維持についても確認を行う。

※3: 許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※4: 内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第2表 廃棄物処理建屋(大飯3,4号機共用)の許容限界

(大飯3号機の資料4 別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」より抜粋・加筆)

□: 補正箇所

第4-5表 建屋の許容限界(4/5)

(d) 廃棄物処理建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
-	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」等における終局耐力(短期許容応力度) ^{※1}
			RC梁		「RC-N規準」等における終局耐力(短期許容応力度) ^{※1}
		耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ^{※1}	

※1: 許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したもものとして設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

第3表 緊急時対策所建屋(大飯3,4号機共用)の許容限界

(大飯3号機の資料4 別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」より抜粋・加筆)

□: 補正箇所

第4-5表 建屋の許容限界(5/5)

(e) 緊急時対策所建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3
			RC 梁		「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3
		耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※3	
※1 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	屋根スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※3	
		耐震壁	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※4	
※2 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度	
		耐震壁	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※4	

※1: 緊急時対策所建屋の一部を構成している緊急時対策所遮蔽を対象とする。

※2: 緊急時対策所は、居住性の評価を行っており、緊急時制御室換気設備の処理対象となるバウンダリを定めていることから、気密性の維持についても確認を行う。

※3: 許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※4: 内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

別紙 1

本資料は、一部補正（2022年1月19日付け）の内容を反映した美浜 3 号機の資料4別添1-4「建屋の強度計算書」
について、自主的対応事項No. 117. 128. 129. 130, 131, 132, 134, 138の反映箇所を赤字にしたものである。

別添 1 - 4

建屋の強度計算書

目 次

	頁
1. 概 要	M3-別添1-4-1
2. 基本方針	M3-別添1-4-2
2.1 位置	M3-別添1-4-2
2.2 構造概要	M3-別添1-4-3
2.3 評価方針	M3-別添1-4-12
2.4 適用規格	M3-別添1-4-14
3. 強度評価方法	M3-別添1-4-15
3.1 評価対象部位	M3-別添1-4-15
3.2 荷重及び荷重の組合せ	M3-別添1-4-16
3.3 許容限界	M3-別添1-4-27
3.4 評価方法	M3-別添1-4-34
4. 強度評価結果	M3-別添1-4-60
4.1 屋根	M3-別添1-4-60
4.2 耐震壁	M3-別添1-4-62
4.3 鉄骨架構	M3-別添1-4-67

1. 概要

本資料は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、原子炉建屋（以下「外部しゃへい建屋」という。）、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋が降下火砕物及び雪（以下「降下火砕物等」という。）の堆積時において、内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能の維持を考慮して、建屋全体又は建屋の主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

また、上記に加え、外部しゃへい建屋については放射性物質の閉じ込め機能（以下、「気密性」という。）及び放射線の遮蔽機能（以下、「遮蔽性」という。）の維持を、制御建屋のうち中央制御室遮蔽及び緊急時対策所建屋のうち緊急時対策所遮蔽については遮蔽性の維持を考慮して、建屋全体又は建屋の主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

評価対象となる建屋の位置及び構造概要を、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

外部しゃへい建屋、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す位置に設置する。外部しゃへい建屋、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋の配置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 配置図

2.2 構造概要

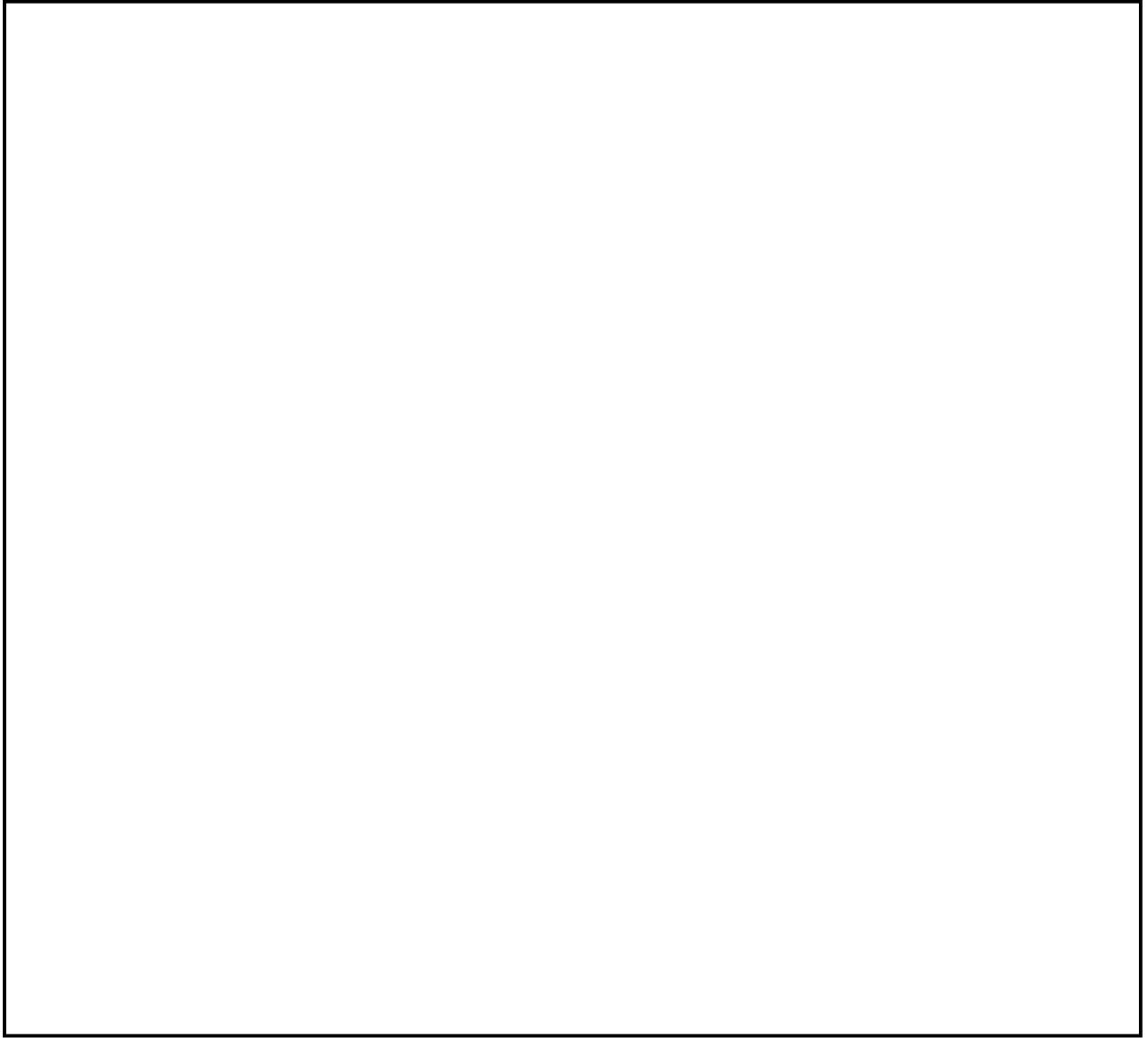
外部しゃへい建屋、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

外部しゃへい建屋は、鉄筋コンクリート造の扁平ドーム状の屋根（以下「ドーム部」という。）及び外径約□mの円筒形の鉄筋コンクリート造の壁（以下「シリンダー部」という。）を有する構造である。基礎底面から最高部の高さは約□mである。ドーム部の厚さは約□cm、シリンダー部の厚さは約□cm～約□cmである。

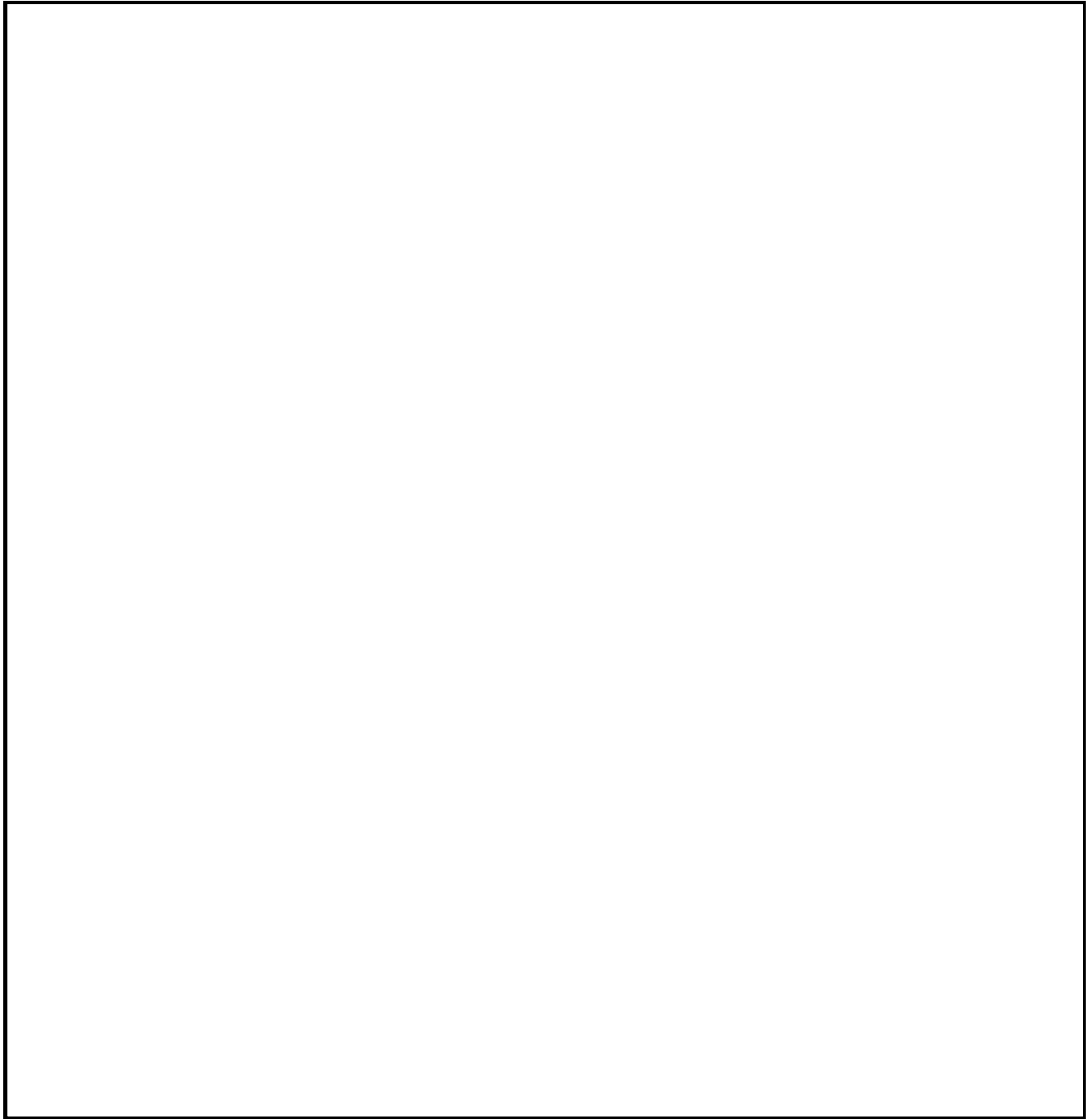
補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋から構成される原子炉補助建屋は、鉄筋コンクリート造の壁式構造を主体とし、上部の一部を鉄骨造の骨組構造とした建物である。本建屋の平面規模はNS方向で約□m、EW方向で約□mであり、E.L. □mからE.L. □mにわたって階段状に設けられている。

緊急時対策所建屋は、1層の主要床面を有する鉄筋コンクリート造の壁式構造の建物である。本建物の平面規模はNS方向で約□m、EW方向で約□mであり、主要屋根面の基礎底面からの高さは約□mである。

外部しゃへい建屋、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋の概略平面図及び概略断面図を第2-2図～第2-7図に示す。

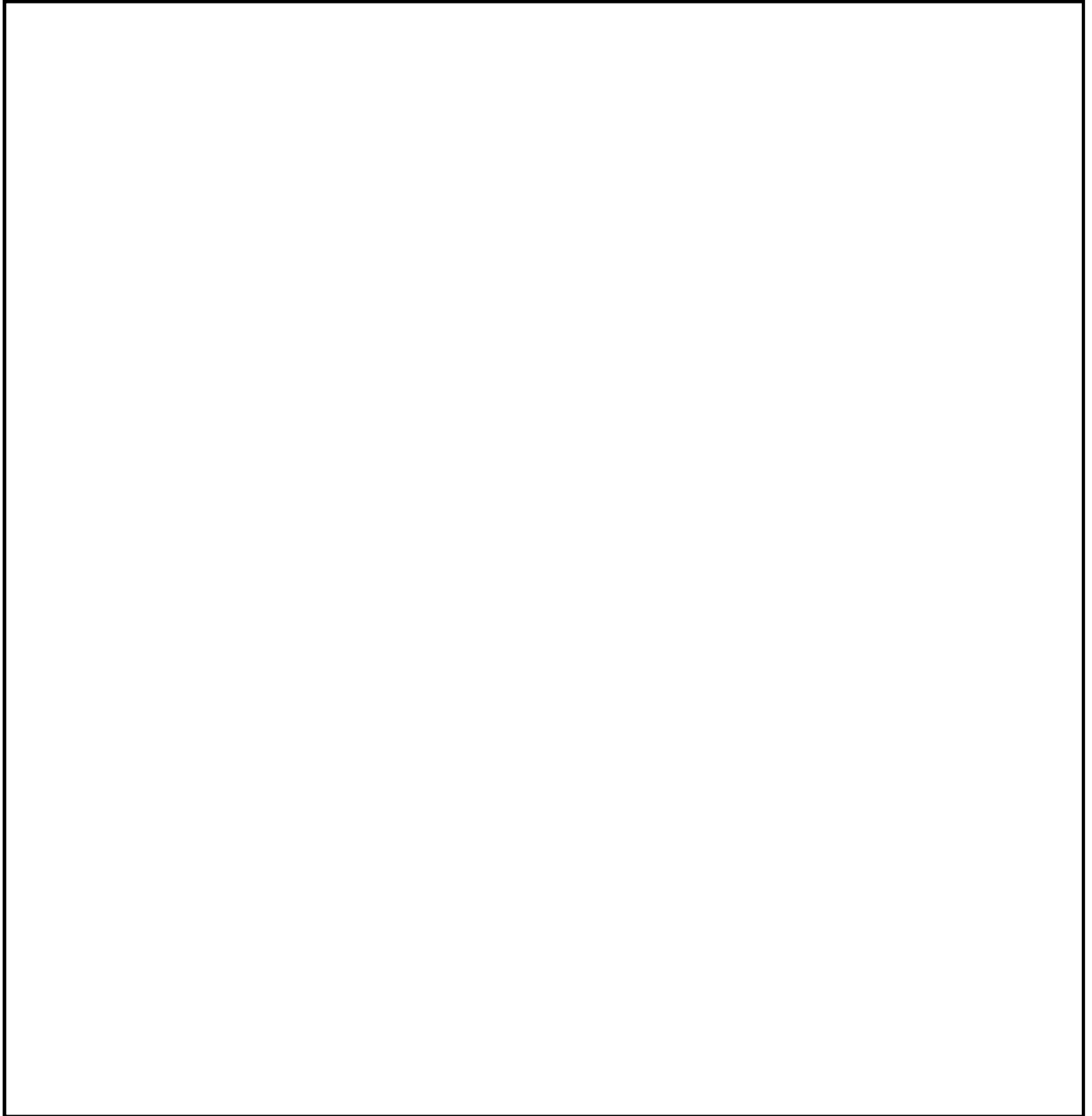


第2-2図 外部しゃへい建屋の概略平面図 (E. L. m 付近)



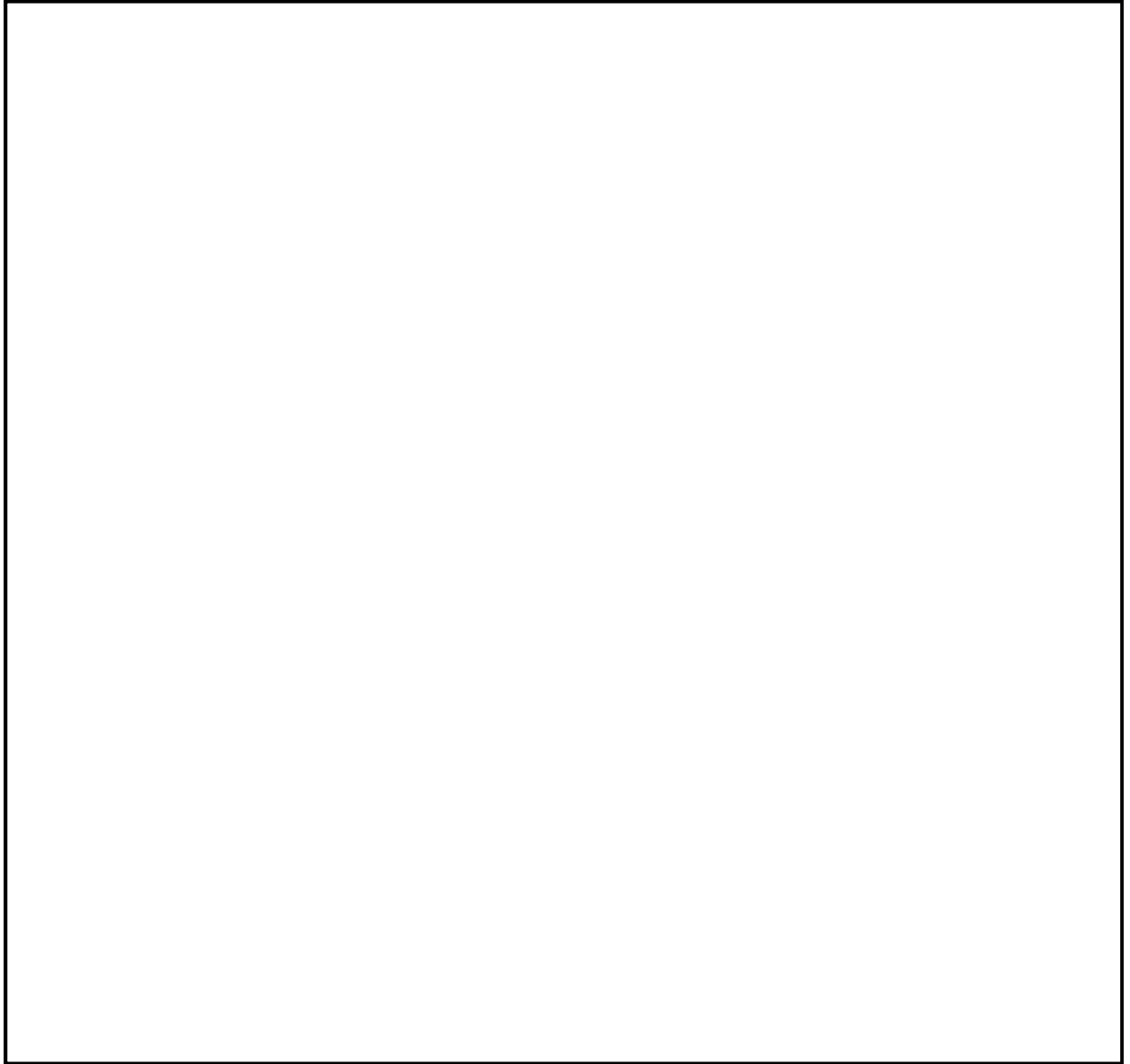
(a) A-A 断面

第 2-3 図 外部しゃへい建屋の概略断面図 (1/2)

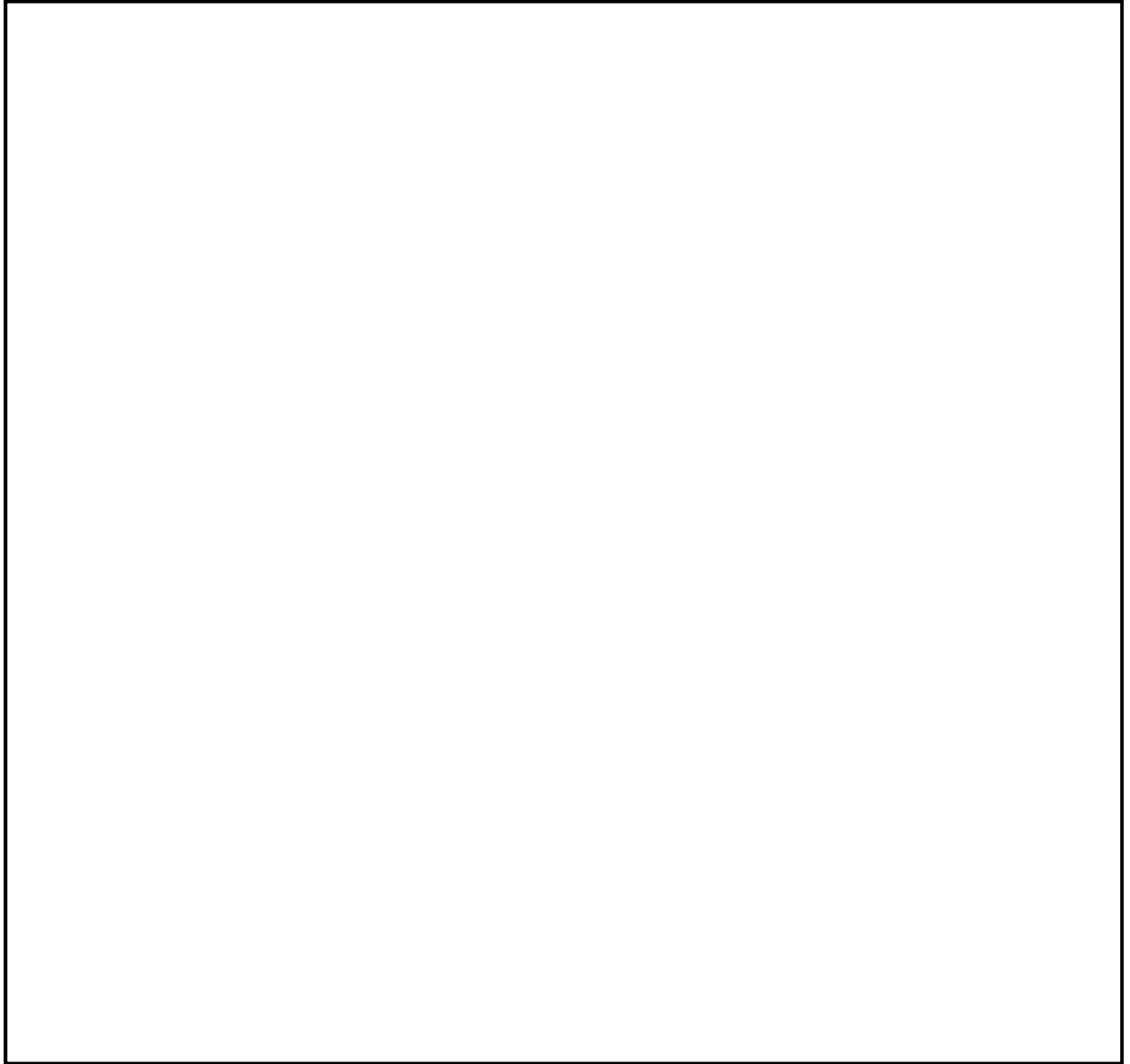


(b) B-B 断面

第 2-3 図 外部しゃへい建屋の概略断面図 (2/2)

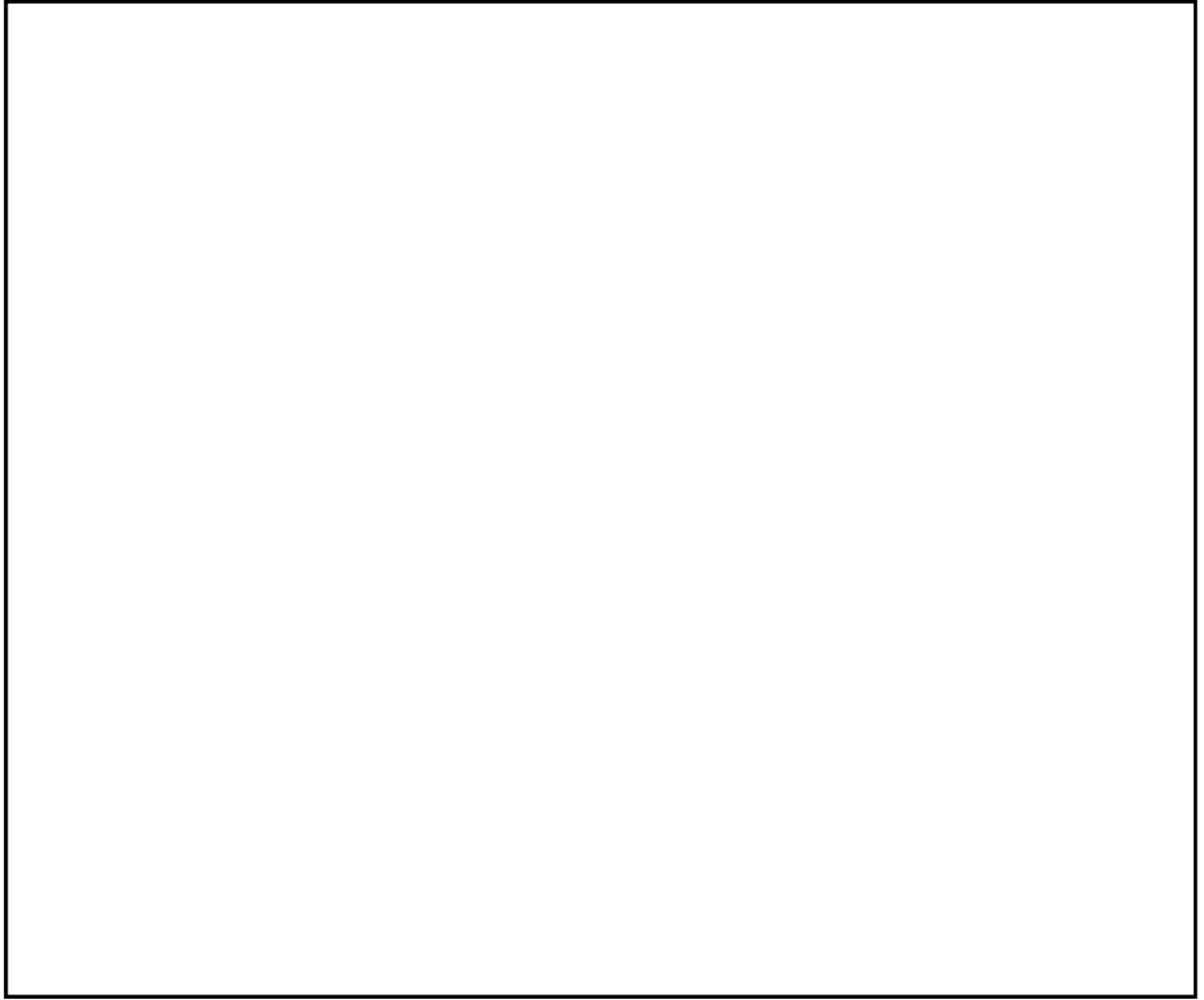


第2-4図 補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の概略平面図
(E. L. m 付近)



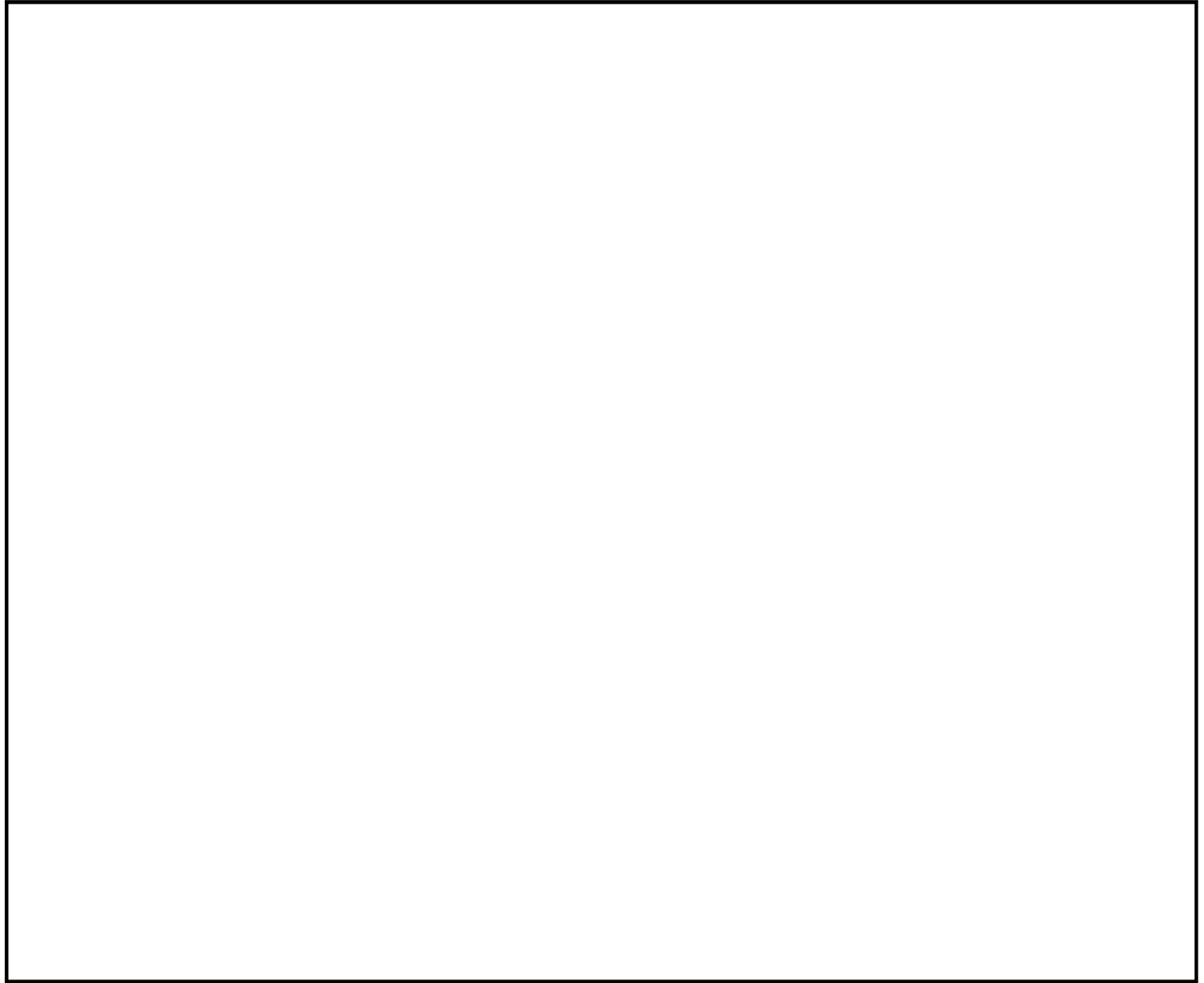
(a) A-A 断面

第 2-5 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概略断面図 (1/3)



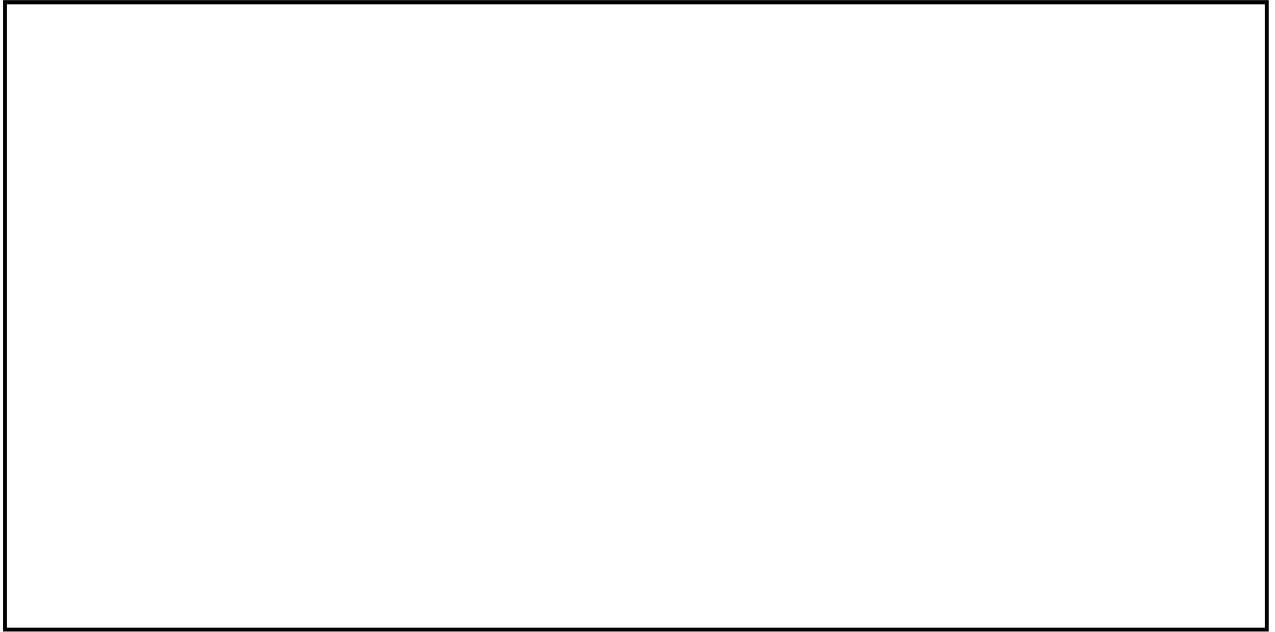
(b) B-B 断面

第 2-5 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概略断面図 (2/3)



(c) C-C 断面

第 2-5 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概略断面図 (3/3)



第2-6図 緊急時対策所建屋の概略平面図



(a) A-A 断面図



(b) B-B 断面図

第2-7図 緊急時対策所建屋の概略断面図

2.3 評価方針

建屋の強度評価は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、建屋の評価対象部位に作用する応力等が、許容限界を超えないことを「3. 強度評価方法」に示す方法及び評価条件を用いて計算し、「4. 強度評価結果」にて確認する。

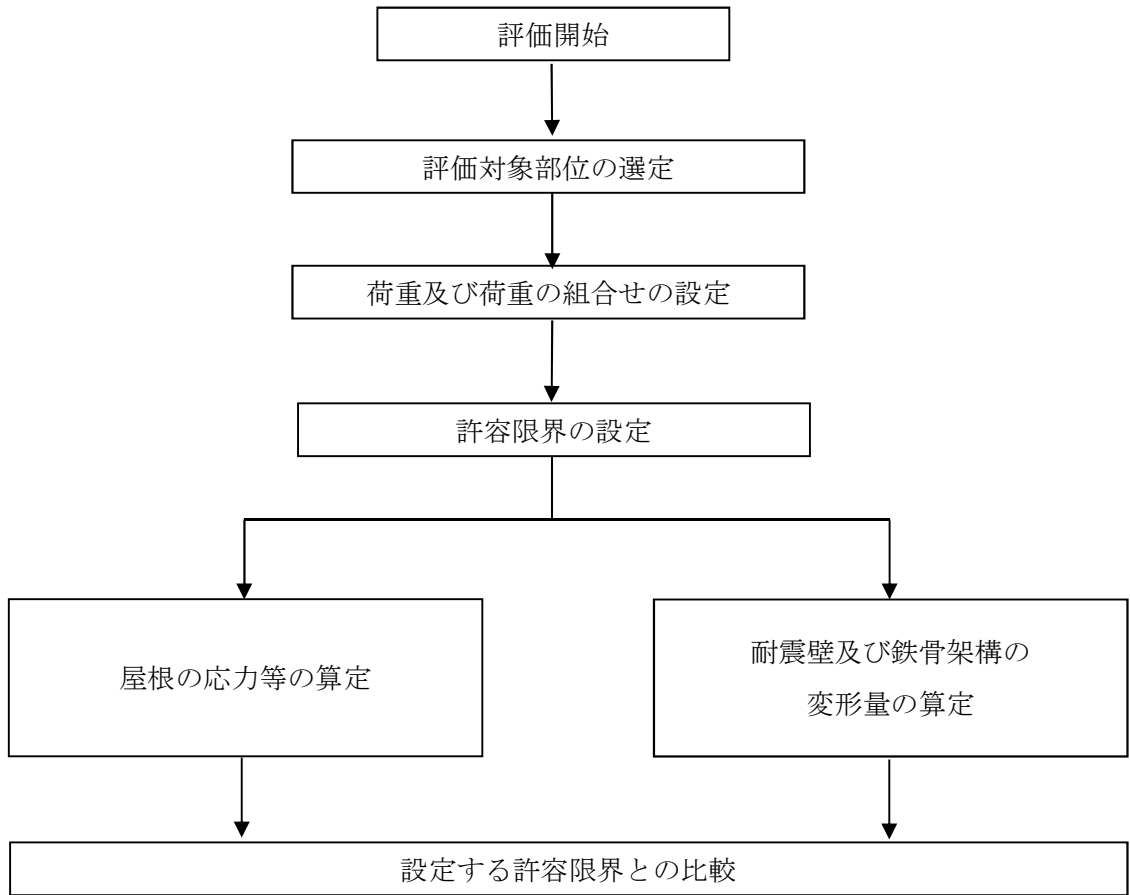
建屋の強度評価のフローを第 2-8 図に示す。

建屋の強度評価においては、その構造を踏まえ降下火砕物等堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

設計荷重は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に従い設定する。

各建屋の設計荷重に対しては、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位として屋根を、水平荷重に抵抗する評価対象部位として耐震壁及び鉄骨架構を選定する。ここで、本資料では外部しゃへい建屋のシリンダー部を含めて「耐震壁」という。

許容限界は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に従い設定する。



第2-8図 建屋の強度評価のフロー図

2.4 適用規格

適用する規格、規準、指針等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 福井県建築基準法施行細則（昭和 47 年 4 月 25 日福井県規則第 41 号）
- ・ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（社）日本建築学会(1999)
- ・ 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（社）日本建築学会(2005)
（以下「RC-N 規準」という）
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」（社）日本電気協会
（以下「JEAG4601-1987」という）
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」（社）日本電気協会
（以下「JEAG4601-1991」追補版という）
- ・ 「建築物荷重指針・同解説」（社）日本建築学会(2004)
- ・ 「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（社）日本建築学会(2005)
（以下「S 規準」という）
- ・ 「各種合成構造設計指針・同解説」（社）日本建築学会(2010)

3. 強度評価方法

3.1 評価対象部位

建屋の評価対象部位は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」に従って、屋根、耐震壁及び鉄骨架構とする。

各建屋において、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位を以下のとおり選定する。屋根は、屋根スラブ及びそれを受ける梁(トラスを含む)について評価する。

- ・ 外部しゃへい建屋 : 屋根 (ドーム部)
- ・ 補助建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁)
- ・ 燃料取扱建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁(トラスを含む))
- ・ 中間建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁)
- ・ ディーゼル建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁)
- ・ 制御建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁)
- ・ 緊急時対策所建屋 : 屋根 (屋根スラブ・梁)

また、各建屋において、水平荷重に抵抗する評価対象部位を以下のとおり選定する。

- ・ 外部しゃへい建屋 : 耐震壁 (シリンダー部)
- ・ 補助建屋 : 耐震壁・鉄骨架構
- ・ 燃料取扱建屋 : 鉄骨架構
- ・ 中間建屋 : 耐震壁
- ・ ディーゼル建屋 : 耐震壁・鉄骨架構
- ・ 制御建屋 : 耐震壁
- ・ 緊急時対策所建屋 : 耐震壁

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価においては、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重の設定

(1) 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、自重及び積載荷重とする。各建屋に対する常時作用する荷重を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 常時作用する荷重

		常時作用する荷重(N/m ²)
外部しゃへい建屋	ドーム部	
補助建屋	屋根スラブ	
	梁	
燃料取扱建屋	屋根スラブ	
	梁	
中間建屋	屋根スラブ	
	梁	
ディーゼル建屋	屋根スラブ	
	梁	
制御建屋	屋根スラブ	
	梁	
緊急時対策所建屋	屋根スラブ	
	梁	

※1：梁の自重は面荷重として考慮し、 F_d に含む。

※2：梁の自重は線荷重として別途考慮し、 F_d には含めていない。(第 3-25 図参照)

(2) 積雪荷重(F_s)

積雪荷重は、福井県建築基準法等施行細則により定められた三方郡の垂直積雪量 100cm として設定し、積雪量 1cm ごとに 30N/m^2 の積雪荷重が作用することとし設定する。積雪荷重を第 3-2 表に示す。

第 3-2 表 積雪荷重

積雪荷重 F_s (N/m^2)
3,000

(3) 降下火砕物堆積による鉛直荷重 (F_v)

降下火砕物堆積による鉛直荷重は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、降下火砕物の堆積量を 22cm とし、堆積量 1cm ごとに 150N/m^2 の鉛直荷重が作用することとし設定する。降下火砕物堆積による単位面積当たりの鉛直荷重を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 降下火砕物堆積による鉛直荷重

降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v (N/m^2)
3,300

(4) 風荷重 (W)

風荷重の算出に用いる記号を第3-4表のとおり定義する。基準風速は32m/sとする。

第3-4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、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す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、

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

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

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

風荷重の算出条件を第3-5表に、各建屋の風力係数及び受風面積を第3-6表～第3-10表に示す。なお、同一方向でも風向によって各層の受風面積が異なる場合で、受風面積の大小関係によりいずれかの風向で代表できない場合は、両方向について風荷重の算出条件を設定する。

第3-5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

第3-6表 外部しゃへい建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	形状	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
			風 上	風 下	風 上	風 下
9		扁平ドーム形	0.73	-	169.7	169.7
8		円筒形	0.70	-	460.7	460.7
7		円筒形	0.67	-	425.3	425.3
6		円筒形	0.64	-	372.1	372.1
5		円筒形	0.61	-	372.1	372.1
4		円筒形	0.57	-	374.3	374.3
3		矩形	0.58	-0.40	372.1	338.3
2		矩形	0.53	-0.40	338.9	240.4

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-26図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	形状	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
			風 上	風 下	風 上	風 下
9		扁平ドーム形	0.73	-	169.7	169.7
8		円筒形	0.70	-	460.7	460.7
7		円筒形	0.67	-	425.3	425.3
6		円筒形	0.64	-	372.1	372.1
5		円筒形	0.61	-	372.1	372.1
4		円筒形	0.57	-	374.3	374.3
3		矩形	0.58	-0.40	372.1	249.3
2		矩形	0.53	-0.40	338.9	112.5

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-26図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-7表 補助建屋の風力係数及び受風面積 (1/2)

(1) NS方向 (N→S)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
15(S)		0.80	-0.40	220.2	442.5
14		0.80	-0.40	53.9	0
13		0.74	-0.40	210.6	533.0
11, 12		0.67	-0.40	48.4	240.4
10		0.59	-0.40	68.4	186.3

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS方向 (S→N)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
15(S)		0.80	-0.40	442.5	220.2
14		0.80	-0.40	0	53.9
13		0.74	-0.40	533.0	210.6
11, 12		0.67	-0.40	240.4	48.4
10		0.59	-0.40	186.3	68.4

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-7表 補助建屋の風力係数及び受風面積 (2/2)

(3) EW方向 (E→W)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
15(S)		0.80	-0.40	266.3	227.8
14		0.80	-0.40	0	124.3
13		0.74	-0.40	351.0	488.7
11, 12		0.67	-0.40	288.0	418.8
10		0.59	-0.40	358.1	298.8

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(4) EW方向 (W→E)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
15(S)		0.80	-0.40	227.8	266.3
14		0.80	-0.40	124.3	0
13		0.74	-0.40	488.7	351.0
11, 12		0.67	-0.40	418.8	288.0
10		0.59	-0.40	298.8	358.1

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-8表 燃料取扱建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
18(S)		0.80	-0.40	157.1	157.1
17(S)		0.69	-0.40	198.3	198.3
16(S)		0.61	-0.40	414.9	90.6

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
18(S)		0.80	-0.40	108.2	108.2
17(S)		0.69	-0.40	136.6	136.6
16(S)		0.61	-0.40	236.8	131.0

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-9表 中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
9		0.79	-0.40	449.6	265.6
7, 8		0.72	-0.40	575.4	348.0
5, 6, 19(S)		0.63	-0.40	446.2	326.0
3, 4		0.63	-0.40	189.7	45.5
2		0.53	-0.40	752.0	567.0
1		0.51	-0.40	260.7	0

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW方向 (E→W)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
9		0.79	-0.40	218.4	284.6
7, 8		0.72	-0.40	285.1	178.8
5, 6, 19		0.63	-0.40	130.0	44.9
3, 4		0.63	-0.40	0	146.0
2		0.53	-0.40	276.5	69.0
1		0.51	-0.40	0	200.6

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW方向 (W→E)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
9		0.79	-0.40	284.6	218.4
7, 8		0.72	-0.40	178.8	285.1
5, 6, 19		0.63	-0.40	44.9	130.0
3, 4		0.63	-0.40	146.0	0
2		0.53	-0.40	69.0	276.5
1		0.51	-0.40	200.6	0

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-10表 緊急時対策所建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
塔屋		0.800	-0.400	11.5	11.5
3, 4		0.647	-0.400	154	154

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-28図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風 上	風 下	風 上	風 下
塔屋		0.800	-0.400	8.80	8.80
3, 4		0.647	-0.400	134	134

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-28図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

3.2.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、建屋の評価対象部位ごとに設定する。

建屋に水平方向の風荷重が作用すると、屋根に対し、鉛直上向きの荷重が働き、鉛直下向きの荷重が低減されるため、保守的に、風による鉛直方向の荷重は考慮しない。

外部しゃへい建屋、補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋の評価に用いる荷重の組合せを第3-11表に示す。

第3-11表 荷重の組合せ

施設分類	施設名称	評価対象部位	荷重
建屋	<ul style="list-style-type: none"> ・ 外部しゃへい建屋 ・ 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 ・ 緊急時対策所建屋 	屋根 (ドーム部 屋根スラブ 梁(トラスを含む))	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 F_d ・ 積雪荷重 F_s ・ 降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v
		耐震壁 (シリンダー部を含む) 鉄骨架構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 F_d ・ 積雪荷重 F_s ・ 降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v ・ 風荷重 W

3.3 許容限界

外部しゃへい建屋、補助建屋、中間建屋、燃料取扱建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋の許容限界は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」に従って、「3.1 評価対象部位」にて設定している建屋の評価対象部位ごとに設定する。

建屋の評価対象部位の許容限界及び評価基準値を第 3-12 表～第 3-18 表に、使用材料の許容応力度を第 3-19 表～第 3-21 表に示す。

第3-12表 外部しゃへい建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	ドーム部	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		耐震壁 (シリンダー部)	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※1
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	ドーム部	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		耐震壁 (シリンダー部)	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※2
気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	ドーム部	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
		耐震壁 (シリンダー部)	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※2

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※2：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-13表 補助建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※1
		鉄骨架構		最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 1/30 (1/200) ※1※2

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※2：建築基準法施行令第82条の2に規定された値を採用する。

第3-14表 燃料取扱建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		鉄骨架構		最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 1/30 (1/200) ※1※2

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

※2：建築基準法施行令第82条の2に規定された値を採用する。

第3-15表 中間建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※1

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

第3-16表 ディーゼル建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※1
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※1
		鉄骨架構		最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 1/30 (1/200) ※1※2

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※2：建築基準法施行令第82条の2に規定された値を採用する。

第3-17表 制御建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ³
※ ¹ 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	耐震壁		最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴
※ ² 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	耐震壁		最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴

※¹：制御建屋の一部を構成している中央制御室遮蔽を対象とする。

※²：中央制御室は、居住性の評価を行っており、中央制御室換気設備の処理対象となるバウンダリを定めていることから、気密性の維持についても確認を行う。

※³：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※⁴：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-18表 緊急時対策所建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
			RC 梁		「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ³
※ ¹ 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	屋根スラブ		部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴
※ ² 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	屋根スラブ		部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
		耐震壁		最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴

※¹：緊急時対策所建屋の一部を構成している緊急時対策所遮蔽を対象とする。

※²：緊急時対策所は、居住性の評価を行っており、緊急時対策所換気設備の処理対象となるバウンダリを定めていることから、気密性の維持についても確認を行う。

※³：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※⁴：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-19表 鋼材の許容応力

建屋	種類	F 値 (N/mm ²)	短期		
			引張 (N/mm ²)	圧縮・曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
補助建屋	SS41 (SS400 相当)	235	235	235	135
燃料取扱建屋	SS41 (SS400 相当)	235	235	235	135
中間建屋	SS41 (SS400 相当)	235	235	235	135
ディーゼル建屋	SS41 (SS400 相当)	235	235	235	135
制御建屋	SS41 (SS400 相当)	235	235	235	135

第3-20表 コンクリートの許容応力

建屋	設計基準強度 (N/mm ²)	短期	
		圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
外部しゃへい建屋	20.6	13.7	1.03
補助建屋	17.7	11.8	0.885
燃料取扱建屋	17.7	11.8	0.885
中間建屋	17.7	11.8	0.885
ディーゼル建屋	17.7	11.8	0.885
制御建屋	17.7	11.8	0.885
緊急時対策所建屋	30.0	20.0	1.18

第3-21表 鉄筋の許容応力

建屋	種類	短期	
		引張・圧縮 (N/mm ²)	面外せん断補強 (N/mm ²)
外部しゃへい建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
補助建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
燃料取扱建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
中間建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
ディーゼル建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
制御建屋	SD35 (SD345 相当)	345	345
緊急時対策所建屋	SD295A	295	295
	SD345	345	345
	SD390	390	390

3.4 評価方法

3.4.1 屋根

(1) ドーム部

外部しゃへい建屋のドーム部の応力評価は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「5. 強度評価方法」に基づき、応力解析モデルを用いて弾性応力解析を実施する。

応力解析モデルについては、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 3-1 7-7-5 「外部しゃへい建屋の耐震計算書」で用いた 3 次元 FEM モデルと同一とする。応力解析モデルの概要図を第 3-1 図に示す。

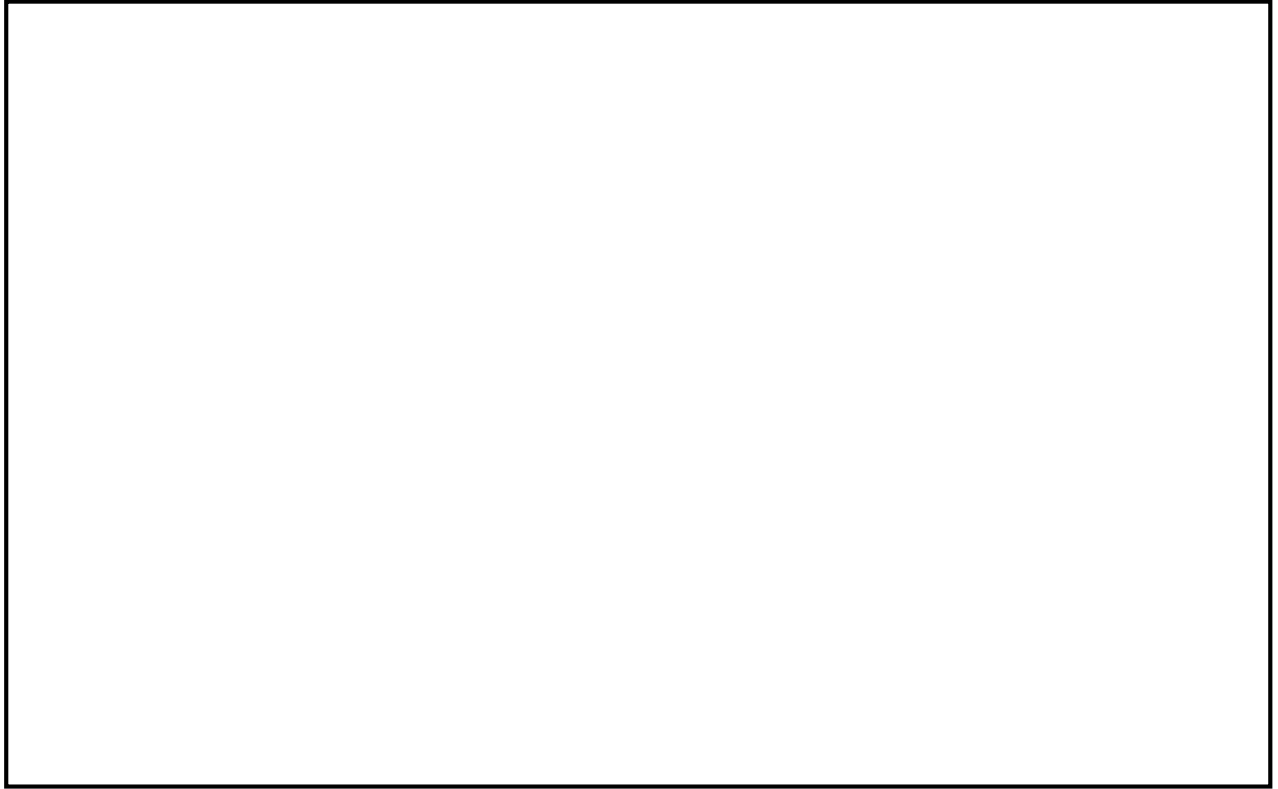
軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力と曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量 (A_t) を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量 (A_s) (面内せん断力はすべて鉄筋で負担) より、下式によって算定する。

$$A = A_t + A_t / A_{ALL} \times A_s$$

ここに、 A_{ALL} は曲げ・軸力に対して必要な全断面の鉄筋量

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。

なお、ドームの応力評価には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2012. 1. 0」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。



第3-1図 外部しゃへい建屋の応力解析モデルの概要図

(2) 屋根スラブ及び梁(トラスを含む)

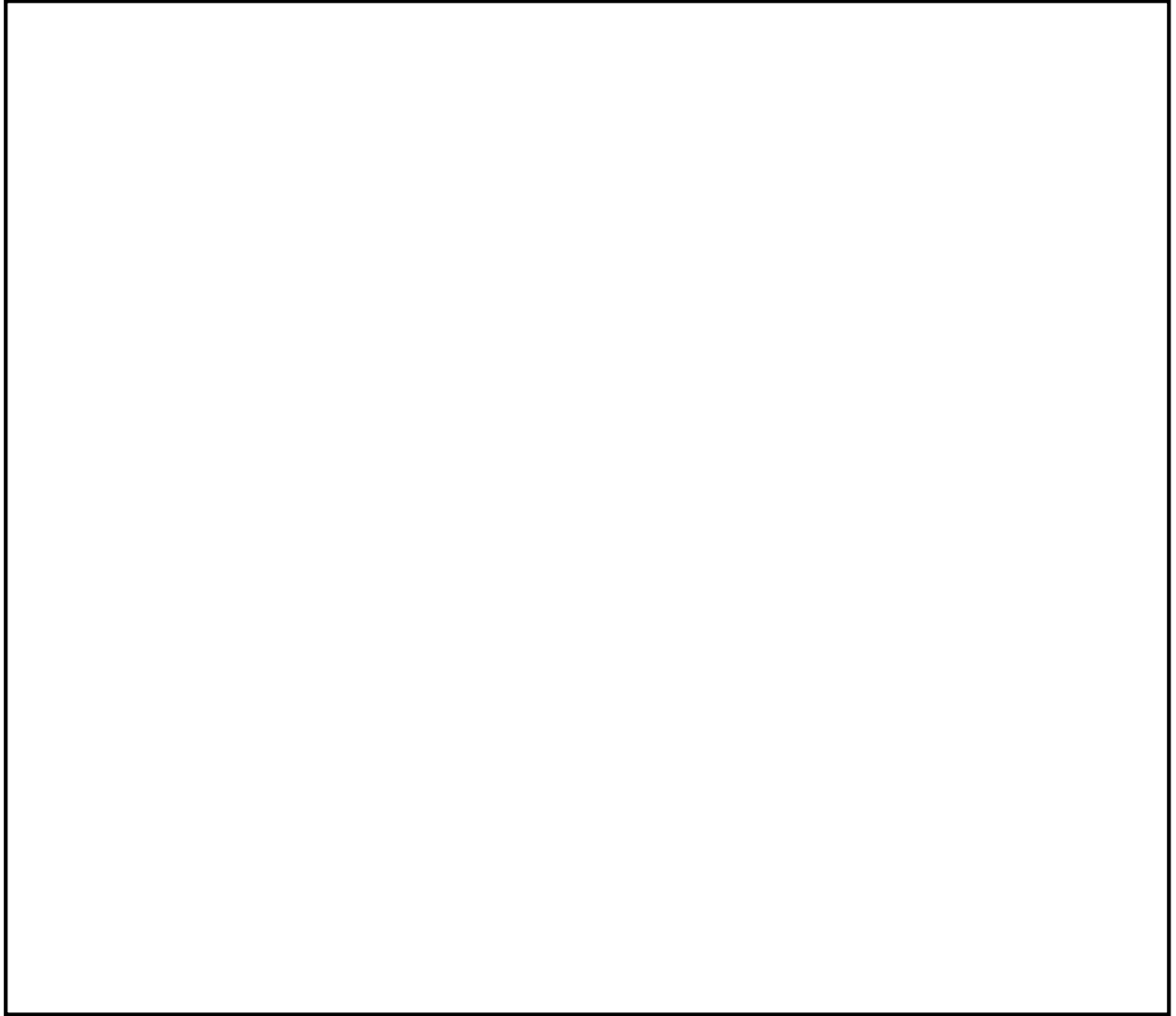
曲げモーメント及び面外せん断力を算定し、部材に生じる応力が第3-13表～第3-18表の評価基準値(短期許容応力度)を超えないことを確認する。

a. 評価部材

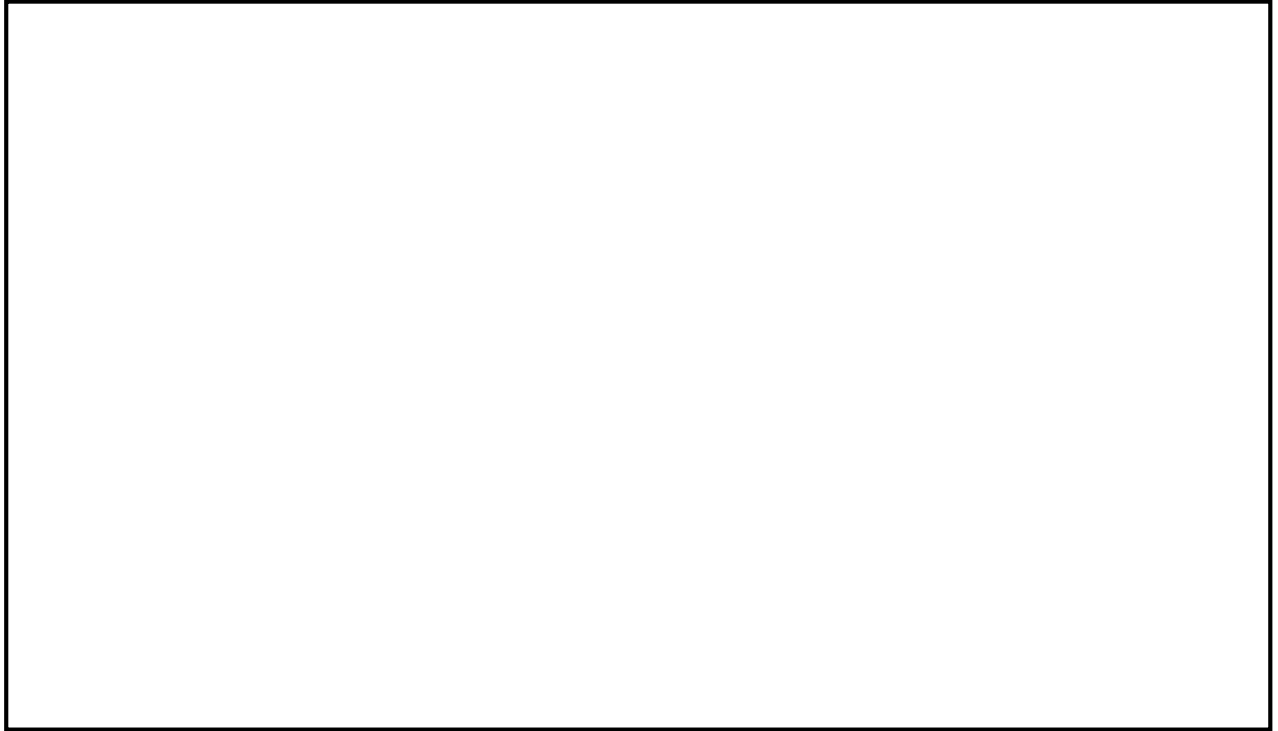
補助建屋、燃料取扱建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋の屋根の評価結果については、降下火砕物等堆積時に発生する応力を考慮した際に、**屋根スラブ及び梁(トラスを含む)の全ての部材のうち、評価基準値に対して発生する応力等の割合が最も大きくなる部材について、それぞれ記載する。記載する部材の位置を第3-2図～第3-13図に示す。**



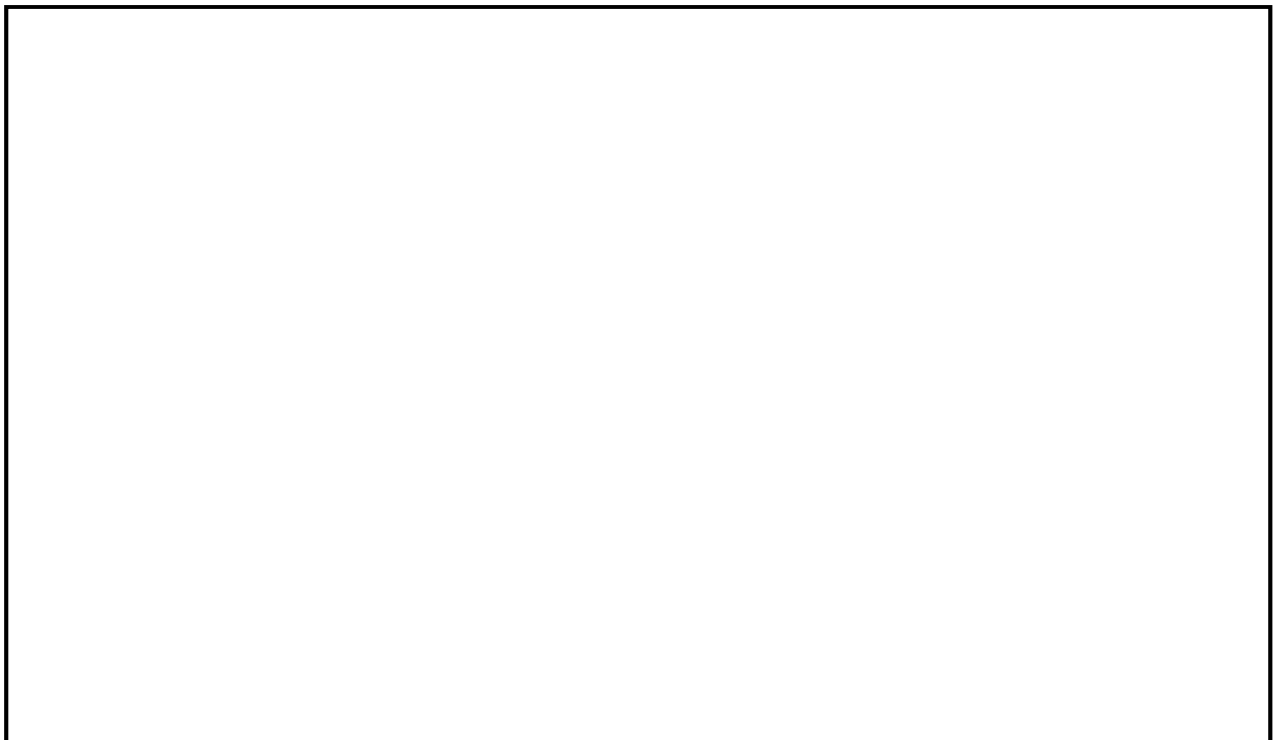
第3-2図 補助建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



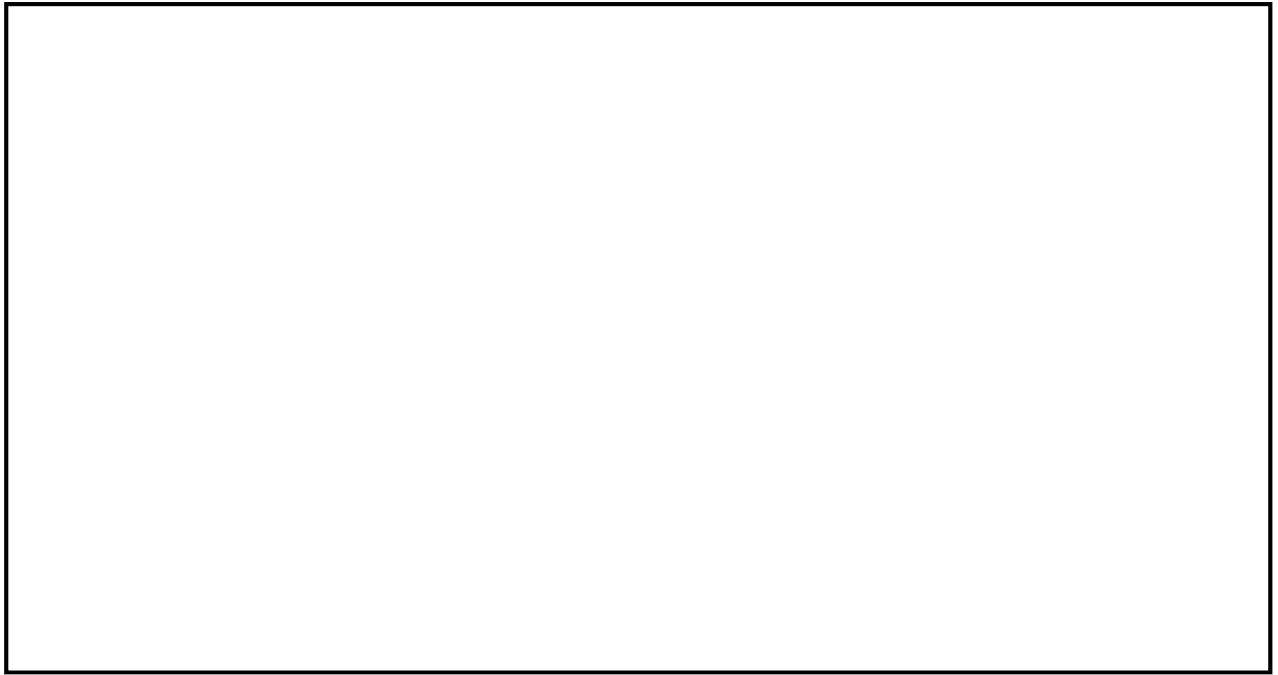
第3-3 図 補助建屋 梁の評価を記載する部材の位置



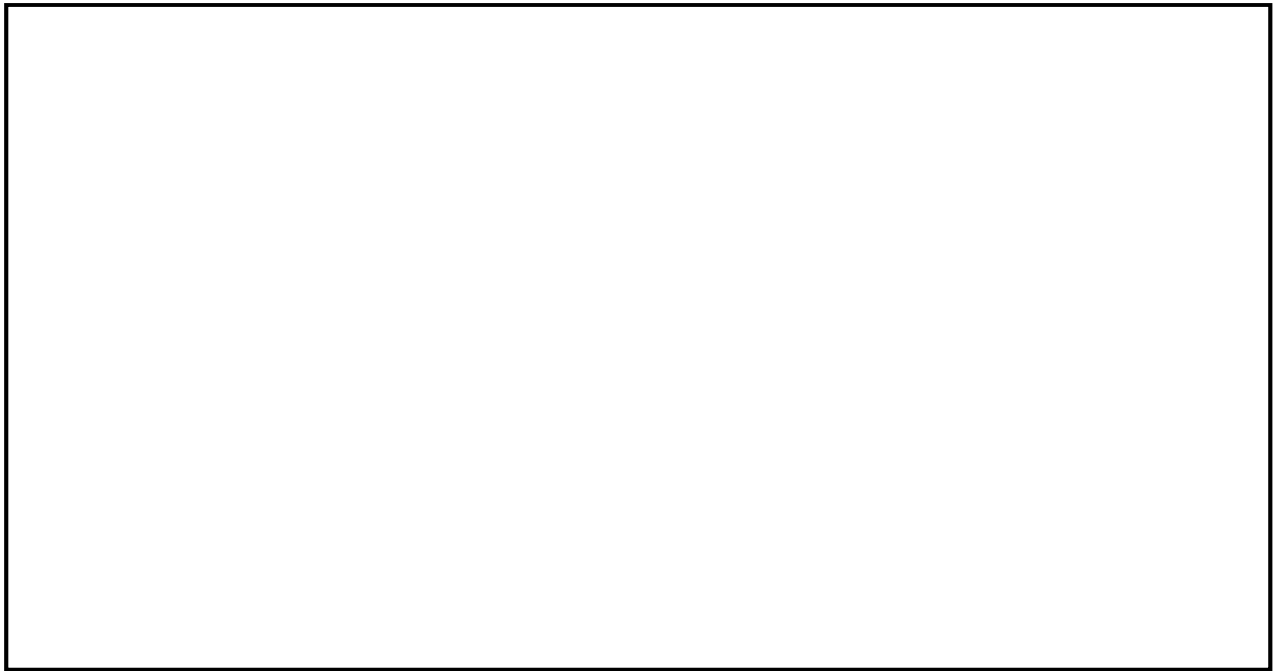
第3-4図 燃料取扱建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



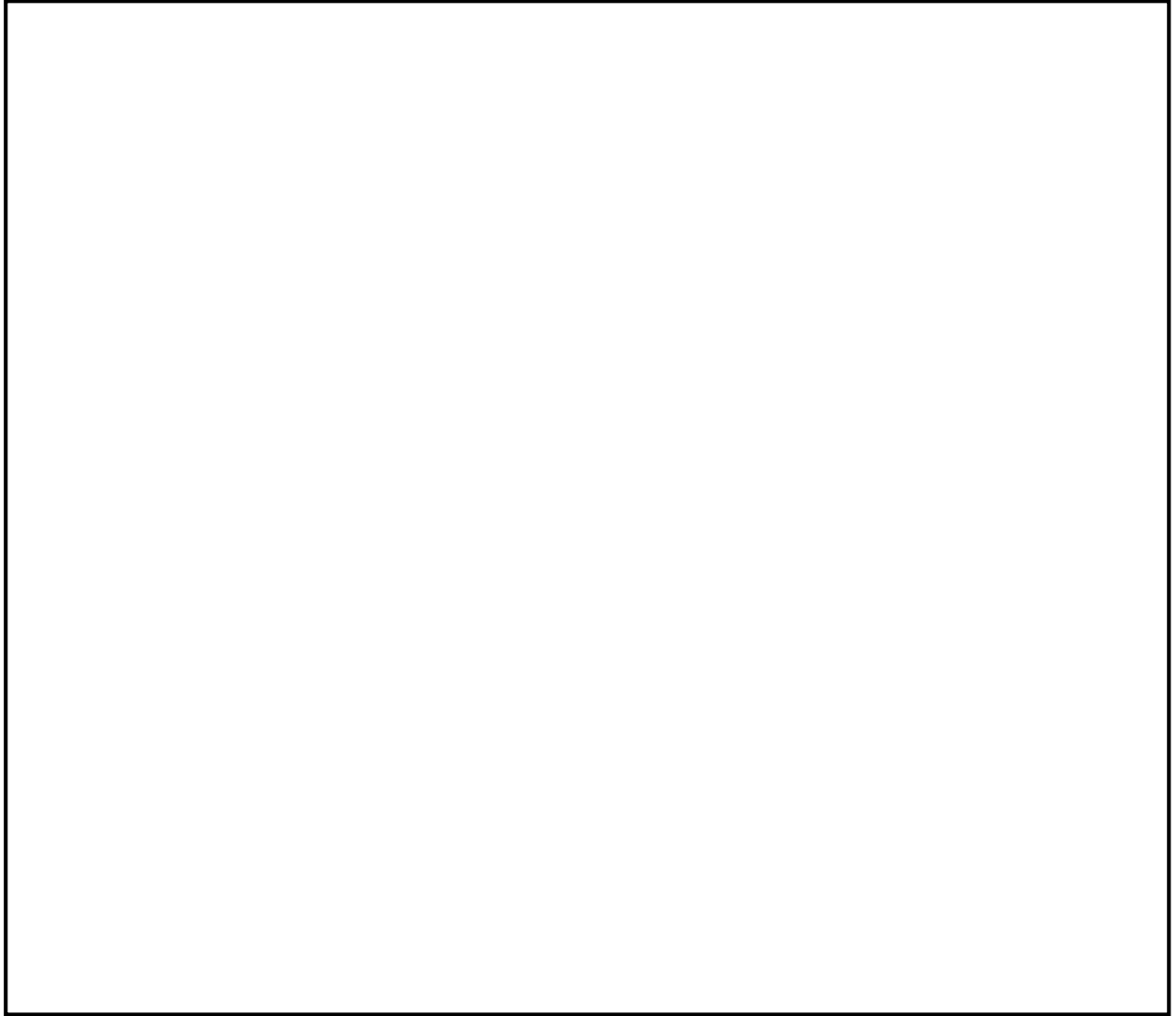
第3-5図 燃料取扱建屋 梁の評価を記載する部材の位置



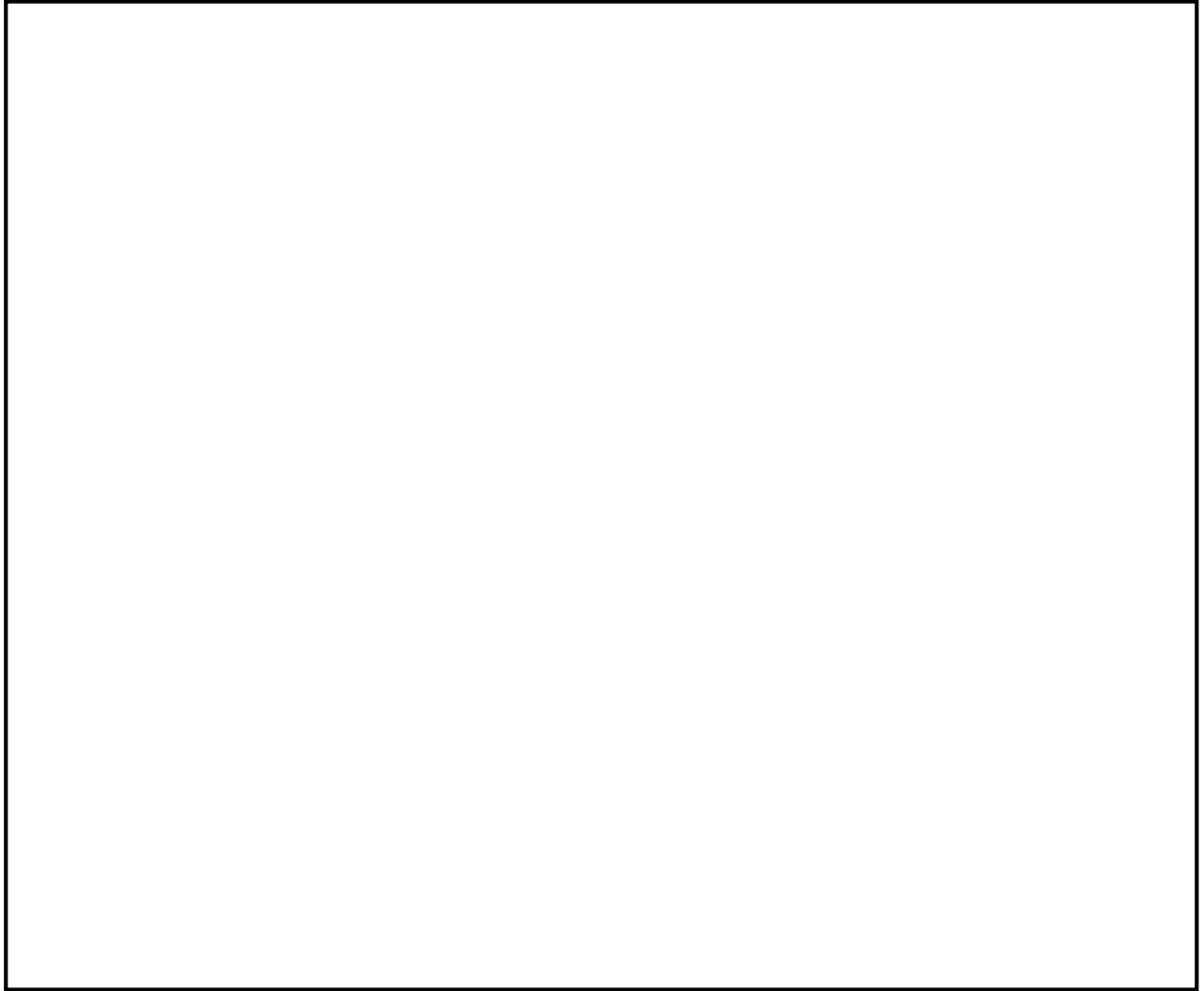
第3-6図 中間建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



第3-7図 中間建屋 梁の評価を記載する部材の位置



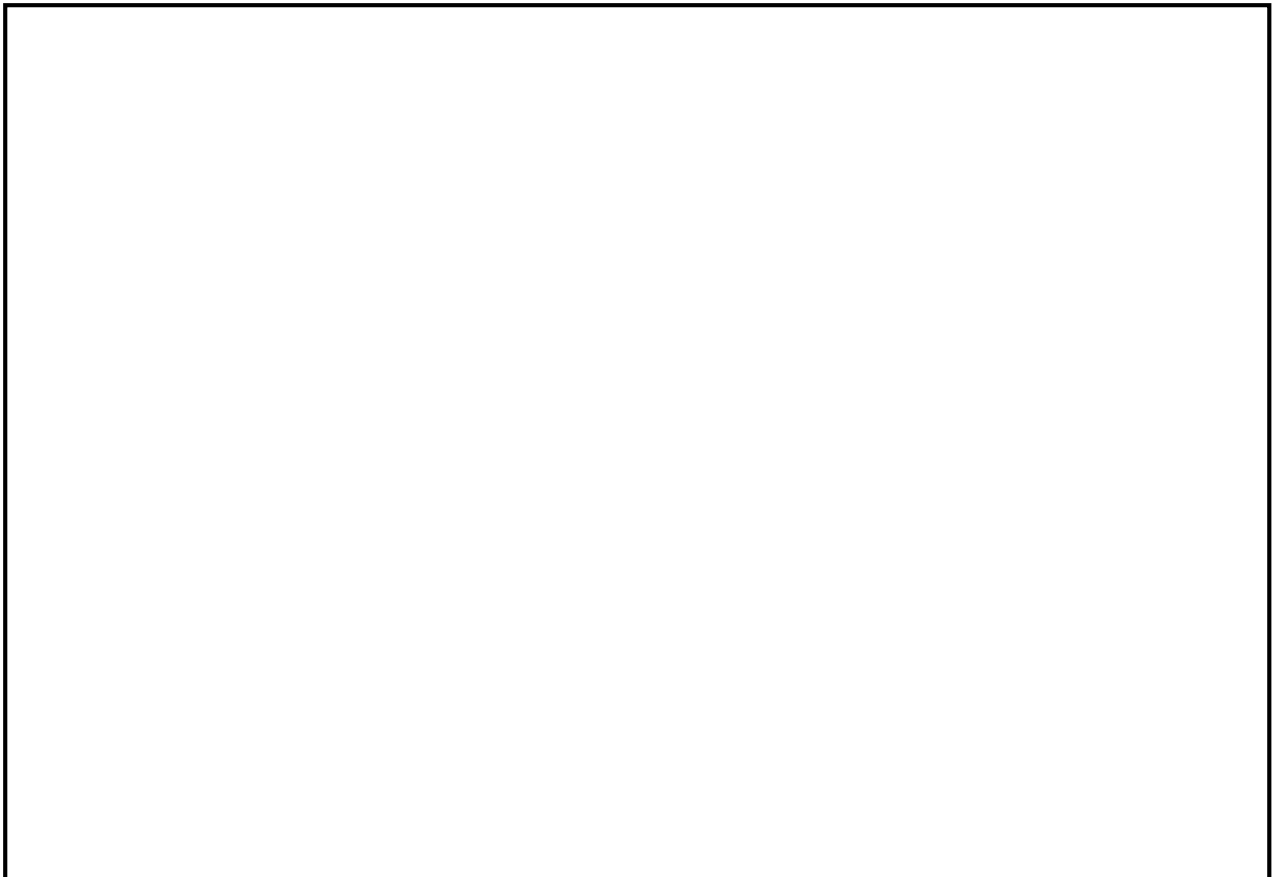
第3-8 図 ディーゼル建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



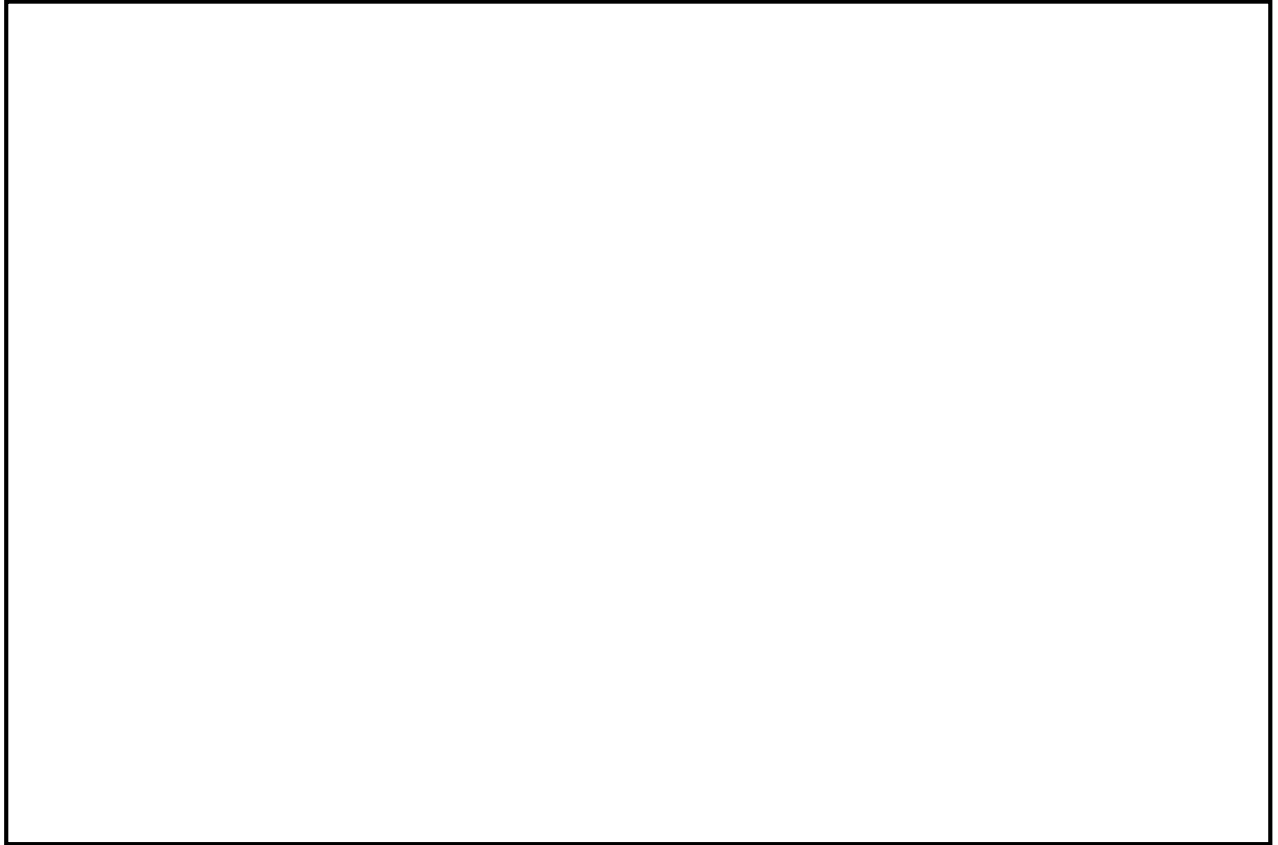
第3-9図 ディーゼル建屋 梁の評価を記載する部材の位置



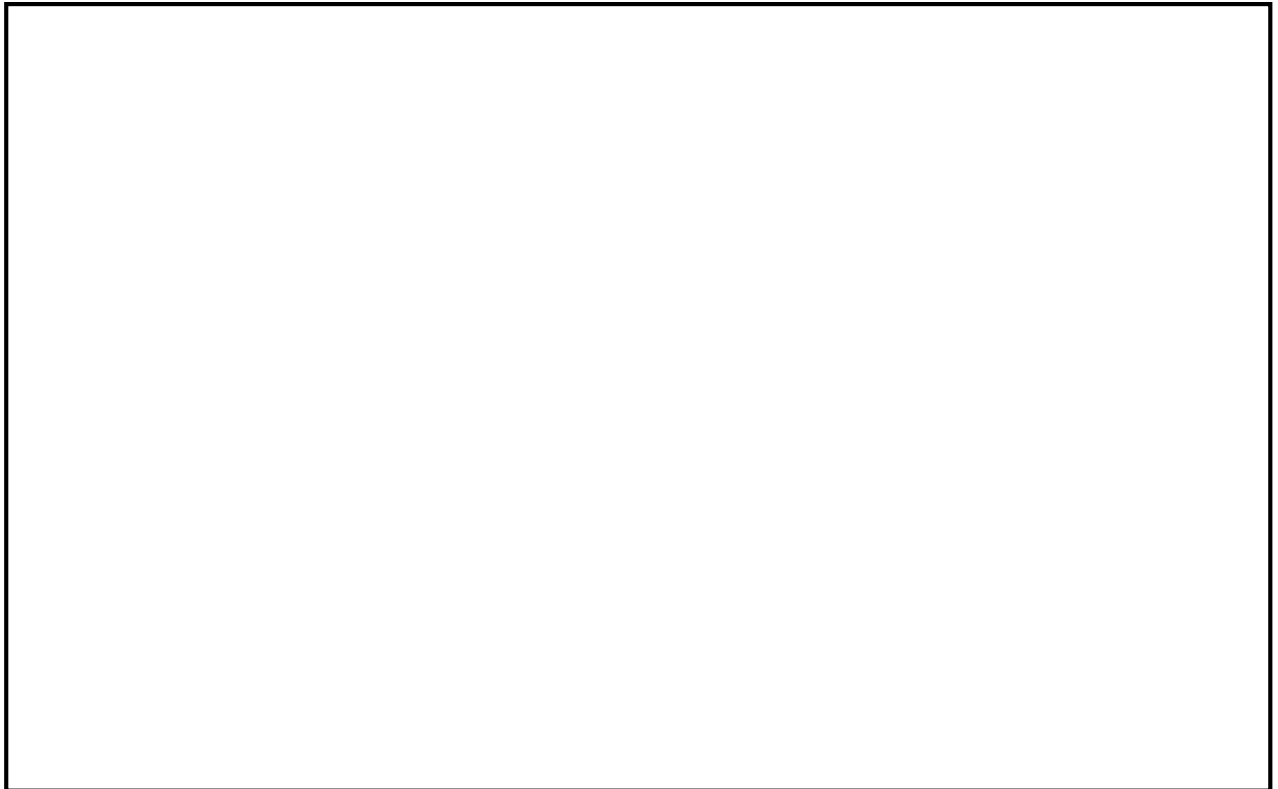
第3-10図 制御建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



第3-11図 制御建屋 梁の評価を記載する部材の位置



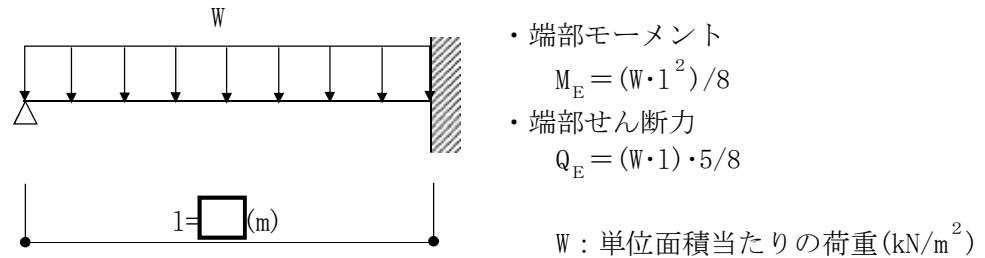
第3-12図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



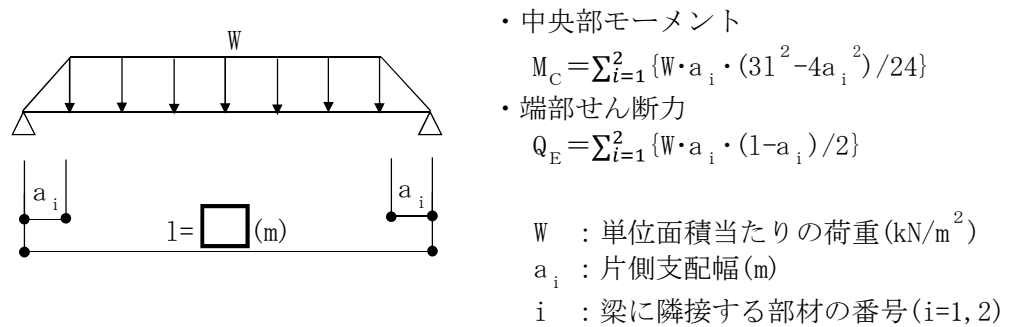
第3-13図 緊急時対策所建屋 梁の評価を記載する部材の位置

b. 応力評価モデル

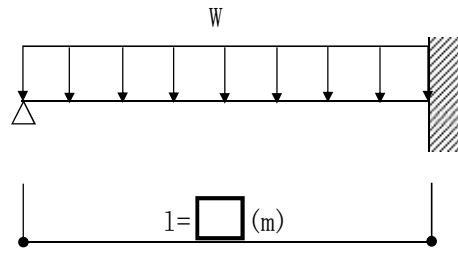
前項において、評価結果を記載する部材として選定した各建屋の屋根スラブ及び梁の応力評価モデル図を第3-14図～第3-25図に示す。また、部材の評価条件を第3-22表～第3-33表に示す。



第3-14図 補助建屋 屋根スラブの評価モデル図



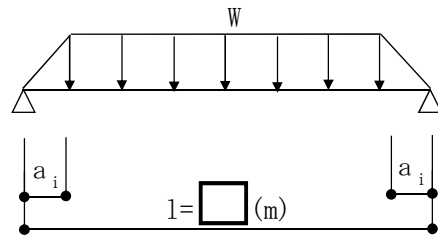
第3-15図 補助建屋 梁の評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_E = (W \cdot l^2) / 8$
- 端部せん断力
 $Q_E = (W \cdot l) \cdot 5/8$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

第 3-16 図 燃料取扱建屋 屋根スラブの評価モデル図



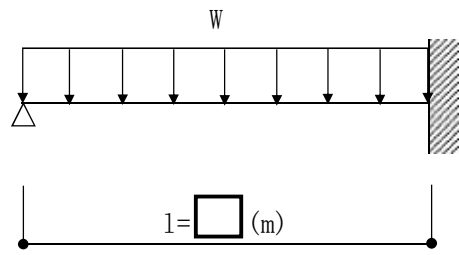
- 中央部モーメント
 $M_C = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (31^2 - 4a_i^2) / 24\}$
- 端部せん断力
 $Q_E = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (1 - a_i) / 2\}$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

a_i : 片側支配幅 (m)

i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

第 3-17 図 燃料取扱建屋 梁の評価モデル図



- ・ 端部モーメント

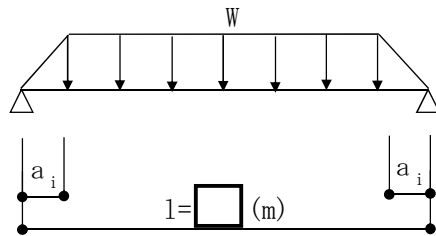
$$M_E = (W \cdot l^2) / 8$$

- ・ 端部せん断力

$$Q_E = (W \cdot l) \cdot 5/8$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

第3-18図 中間建屋 屋根スラブの評価モデル図



- ・ 中央部モーメント

$$M_C = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (31^2 - 4a_i^2) / 24\}$$

- ・ 端部せん断力

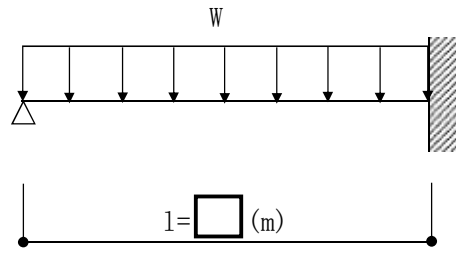
$$Q_E = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (1 - a_i) / 2\}$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

a_i : 片側支配幅 (m)

i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

第3-19図 中間建屋 梁の評価モデル図



- ・ 端部モーメント

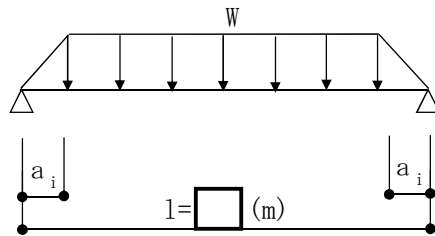
$$M_E = (W \cdot l^2) / 8$$

- ・ 端部せん断力

$$Q_E = (W \cdot l) \cdot 5/8$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

第 3-20 図 ディーゼル建屋 屋根スラブの評価モデル図



- ・ 中央部モーメント

$$M_C = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (31^2 - 4a_i^2) / 24\}$$

- ・ 端部せん断力

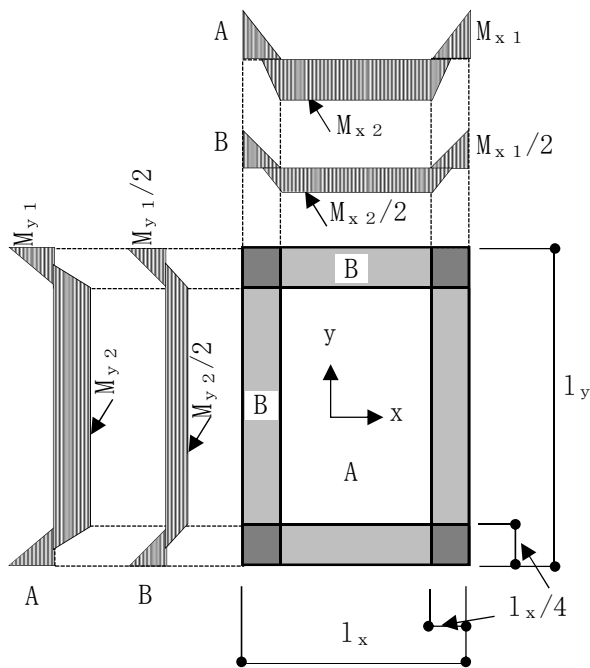
$$Q_E = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (1 - a_i) / 2\}$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

a_i : 片側支配幅 (m)

i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

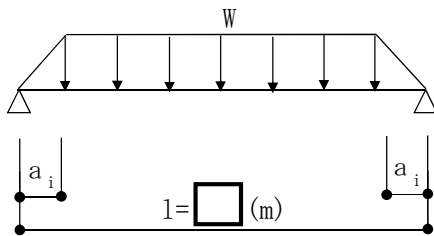
第 3-21 図 ディーゼル建屋 梁の評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_{x1} = W_x \cdot l_x^2 / 12$
 $M_{y1} = W \cdot l_x^2 / 24$
 - 中央モーメント
 $M_{x2} = W_x \cdot l_x^2 / 18$
 $M_{y2} = W \cdot l_x^2 / 36$
 - せん断力
 $Q_{x1} = W \cdot l_x \cdot 0.52$
 $Q_{y1} = W \cdot l_x \cdot 0.46$
- なお、
 $W_x = W \cdot l_y^4 / (l_x^4 + l_y^4)$
 W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

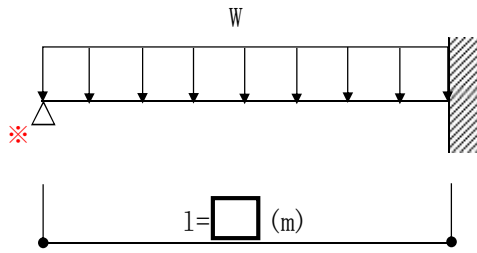


第3-22図 制御建屋 屋根スラブの評価モデル図



- 中央部モーメント
 $M_C = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (3l^2 - 4a_i^2) / 24\}$
 - 端部せん断力
 $Q_E = \sum_{i=1}^2 \{W \cdot a_i \cdot (1 - a_i) / 2\}$
- W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)
 a_i : 片側支配幅 (m)
 i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

第3-23図 制御建屋 梁の評価モデル図

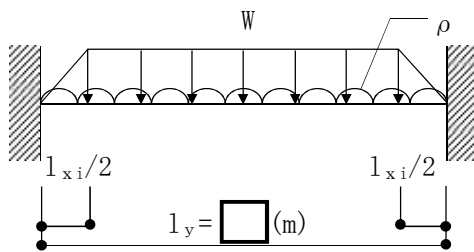


- 端部モーメント
 $M_E = (W \cdot l^2) / 8$
- 端部せん断力
 $Q_E = (W \cdot l) \cdot 5/8$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

※スラブを囲む四辺のうち、2, 3, C通りは梁せいとスラブ厚さが概ね同等のため、保守的にC通りをピン条件とした一方向版でモデル化する。(第3-13図参照)

第3-24図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_E = \sum_{i=1}^2 [\{ \lambda_i^2 / 24 - 1/48 + 1 / (192 \cdot \lambda_i) \} \cdot W \cdot l_{xi}^3] + \rho \cdot b \cdot l_y^2 / 12$
- 端部せん断力
 $Q_E = \sum_{i=1}^2 \{ (\lambda_i / 4 - 1/8) \cdot W \cdot l_{xi}^2 \} + \rho \cdot b \cdot l_y / 2$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

ρ : 自重等による荷重 (kN/m²) ($\rho =$ kN/m²)

λ_i : l_y / l_{xi}

l_{xi} : 梁間寸法 (m)

l_y : 支持スパン (m)

b : 梁幅 (m) (b = m)

i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

第3-25図 緊急時対策所建屋 梁の評価モデル図

第3-22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

第3-23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

第3-24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

第3-25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

第3-26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

第3-27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

第3-28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

第3-29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

第3-30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

第3-31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

第3-32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

第3-33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

c. 断面の評価

前項の応力評価モデルにより算出した曲げモーメント及びせん断力を用いて、以下のとおり断面を評価する。

なお、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、スラブと一体となって曲げに抵抗する合成梁として評価する。

(a) 曲げモーメントに対する屋根スラブ断面の評価方法

曲げモーメントに対する断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式を基に計算した評価対象部位に必要な引張鉄筋断面積が、配筋量を超えないことを確認する。

$$a_t = \frac{M}{\sigma_t \cdot j}$$

ここで、

a_t : 必要引張鉄筋断面積 (mm^2)

M : 曲げモーメント ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

σ_t : 鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm^2)

j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

(b) 面外せん断力に対する屋根スラブ断面の評価方法

面外せん断に対する断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot f_s$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm) (1000mmとする。)

j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm^2)

(c) 曲げモーメントに対する S 梁断面の評価方法

曲げモーメントに対する S 梁断面の評価は、評価対象部位に生じる曲げモーメントが次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$M_s = \sigma_b \cdot Z_c$$

ここで、

M_s : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

σ_b : 鋼材の短期許容曲げ応力度 (N/mm²)

Z_c : 合成梁としての断面係数 (mm³)

(d) 曲げモーメントに対する RC 梁断面の評価方法

曲げモーメントに対する RC 梁断面の評価は、評価対象部位に生じる曲げモーメントが次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$M_s = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

M_s : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

a_t : 片側引張鉄筋の断面積 (mm²)

f_t : 鉄筋の短期引張許容応力度 (N/mm²)

j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

(e) せん断力に対する S 梁断面の評価方法

せん断力に対する S 梁断面の評価は、評価対象部位に生じるせん断力が次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$Q_s = \tau_s \cdot A_s$$

ここで、

Q_s : 短期許容せん断力 (N)

τ_s : 鋼材の短期許容せん断応力度 (N/mm²)

A_s : せん断断面積 (mm²)

(f) せん断力に対する RC 梁断面の評価方法

せん断力に対する RC 梁断面の評価は、評価対象部位に生じるせん断力が次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ただし、 $\alpha = 4 / (M / (Q \cdot d) + 1)$ かつ $1.0 \leq \alpha \leq 2.0$

ここで、

Q_A : 短期許容せん断力 (N)

b : 梁幅

j : 応力中心間距離で有効せい d の (7/8) 倍

d : 有効せい

p_w : せん断補強筋比 (p_w が 1.2% を超える場合は、1.2% とする)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

$w f_t$: せん断補強筋用の短期許容引張応力度

α : せん断スパン比 $M / (Q \cdot d)$ による割増係数

M : 降下火碎物等堆積時の最大曲げモーメント

Q : 降下火碎物等堆積時の最大せん断力

3.4.2 耐震壁

外部しゃへい建屋、補助建屋、中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋及び緊急時対策所建屋について、建屋の質点系モデルを用いて、設計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、本評価では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。

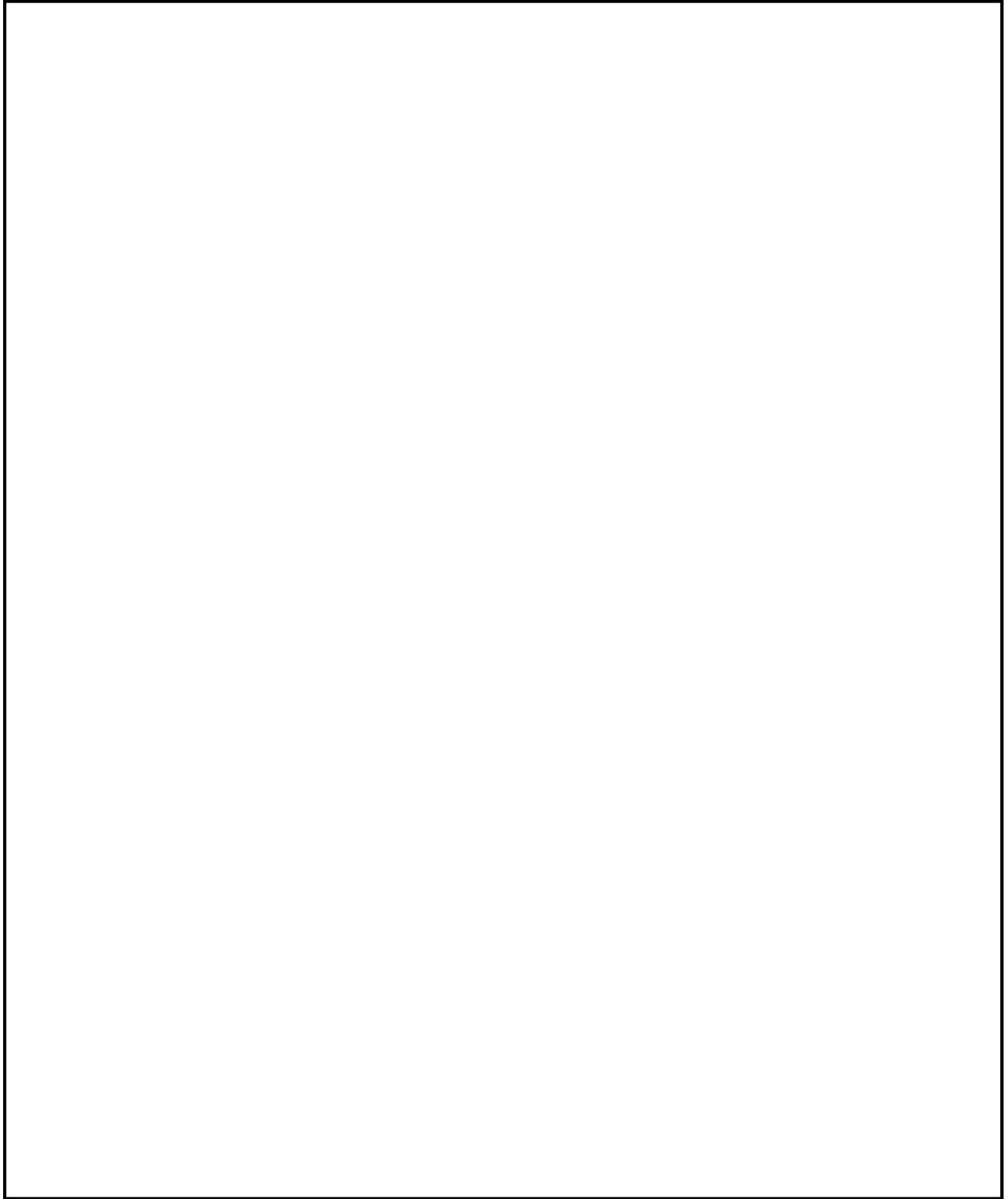
外部しゃへい建屋の質点系モデル図を第3-26図に、補助建屋、中間建屋、燃料取扱建屋、ディーゼル建屋及び制御建屋の質点系モデル図を第3-27図に、緊急時対策所建屋の質点系モデル図を第3-28図に示す。質点系モデルの詳細は、それぞれ平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可された美浜発電所第3号機工事計画の資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」、資料13-16-4「原子炉補助建屋の地震応答解析」及び資料13-16-6「緊急時対策所建屋の地震応答解析」による。なお、評価条件及び評価方法については、同工事計画の資料14 別添2-4「建屋の強度計算書」と同一である。

3.4.3 鉄骨架構

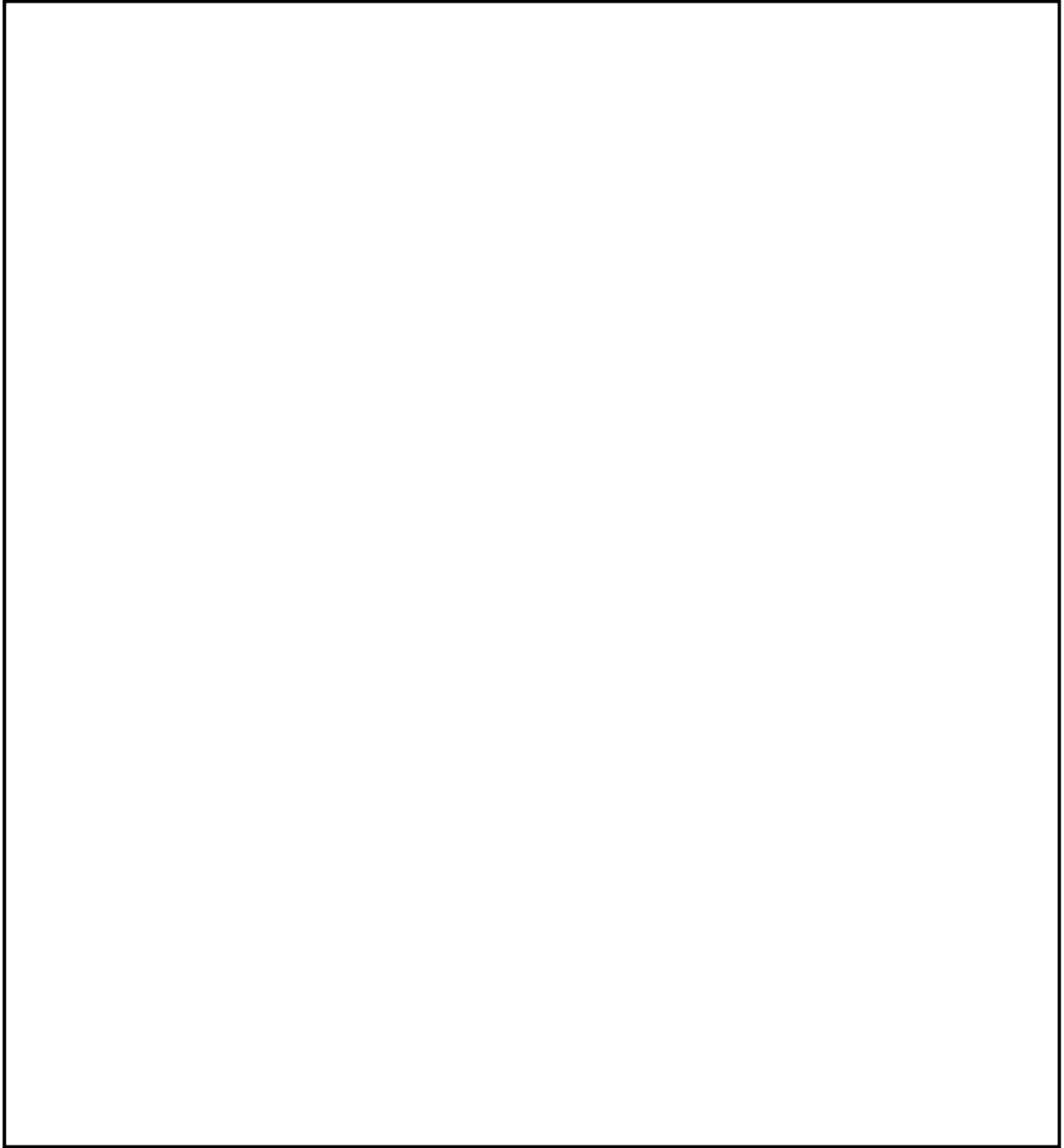
補助建屋、燃料取扱建屋及びディーゼル建屋について、建屋の質点系モデルを用いて、設計風荷重により鉄骨架構に発生する層間変形角を評価し、鉄骨架構の最大層間変形角の評価基準値（1/200）を超えないことを確認する。

質点系モデルは「3.4.2 耐震壁」で用いるモデルと同一とする。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。

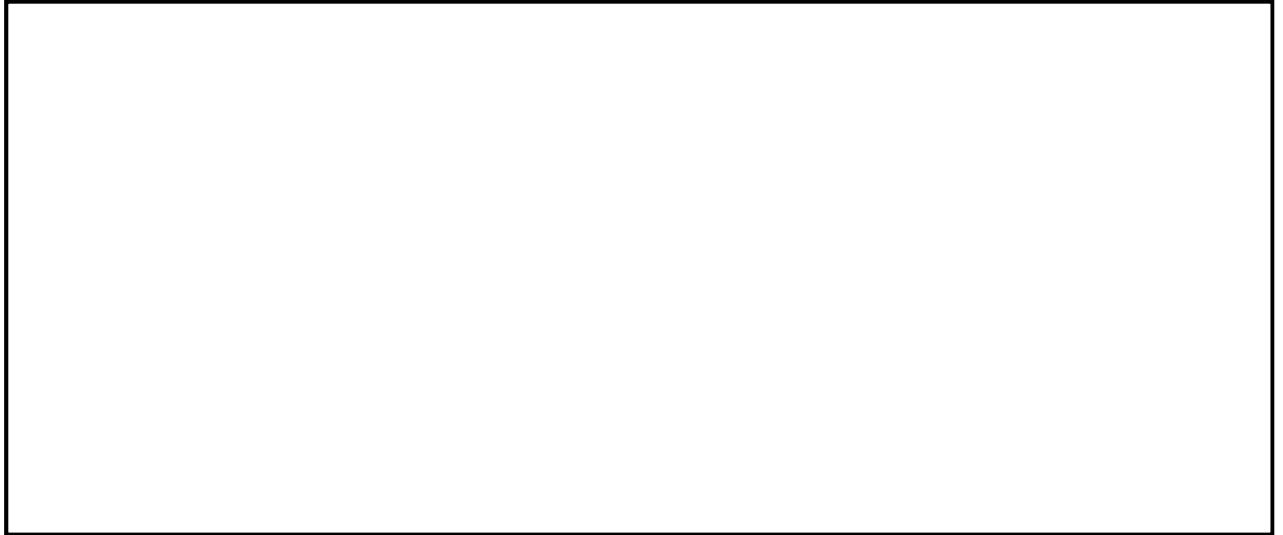
なお、評価条件及び評価方法については、平成28年10月26日付け原規規発第1610261号にて認可された美浜発電所第3号機工事計画の資料14 別添2-4「建屋の強度計算書」と同一である。



第3-26図 外部しゃへい建屋の質点系モデル図



第3-27 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3-28図 緊急時対策所建屋の質点系モデル図

4. 強度評価結果

4.1 屋根

降下火砕物等堆積時の屋根の強度評価結果を第4-1表に示す。第4-1表より、降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮した際に各部材に発生する応力等が評価基準値を超えないことを確認した。

第4-1表 屋根の評価結果(1/2)

		検討項目		解析結果	評価基準値	検定比
外部 しゃへい 建屋	ドーム部	軸力+曲げモーメント +面内せん断力	鉄筋量[mm ² /m]*	784	3,440	0.228
		面外せん断力	せん断力 [kN/m]	39.5	288	0.137
補助 建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m]*	169	619	0.273
		面外せん断力	せん断力 [kN/m]	15.3	92.9	0.165
	S梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	229	462	0.496
		せん断力	せん断力[kN]	101	291	0.347
燃料取扱 建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m]*	261	619	0.422
		面外せん断力	せん断力 [kN/m]	19.0	92.9	0.205
	S梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	219	304	0.720
		せん断力	せん断力[kN]	96.4	241	0.400
中間 建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m]*	334	635	0.526
		面外せん断力	せん断力 [kN/m]	36.0	193	0.187
	S梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	600	1,470	0.408
		せん断力	せん断力[kN]	224	693	0.323
ディーゼル 建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m]*	276	619	0.446
		面外せん断力	せん断力 [kN/m]	18.7	85.1	0.220
	S梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	149	399	0.373
		せん断力	せん断力[kN]	74.8	303	0.247

※：鉄筋量については、解析結果に必要な鉄筋量、評価基準値に配筋量を示す。

第4-1表 屋根の評価結果(2/2)

		検討項目		解析結果	評価基準値	検定比
制御 建屋	屋根	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	228	635	0.359
	スラブ	面外せん断力	せん断力[kN/m]	18.4	92.9	0.198
	S梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	784	1,690	0.464
		せん断力	せん断力[kN]	202	849	0.238
緊急時対策所 建屋	屋根	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	624	3,380	0.185
	スラブ	面外せん断力	せん断力[kN/m]	110	671	0.164
	RC梁	曲げモーメント	曲げモーメント[kN・m]	361	1,390	0.260
		せん断力	せん断力[kN]	331	1,470	0.225

※：鉄筋量については、解析結果に必要な鉄筋量、評価基準値に配筋量を示す。

4.2 耐震壁

降下火砕物等堆積時の耐震壁の評価結果を第4-2表～第4-5表に示す。第4-2表～第4-5表より、耐震壁に発生するせん断ひずみが、評価基準値を超えないことを確認した。

第4-2表 耐震壁の評価結果（外部しゃへい建屋）

(1) NS 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
9	[Redacted]	0.0015	0.1580	0.00949
8		0.0024	0.1770	0.0136
7		0.0039	0.1880	0.0207
6		0.0052	0.1890	0.0275
5		0.0050	0.1980	0.0253
4		0.0059	0.2070	0.0285
3		0.0074	0.2150	0.0344
2		0.0085	0.2220	0.0383

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-26図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

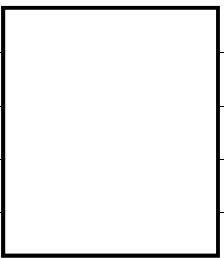
(2) EW 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
9	[Redacted]	0.0015	0.1580	0.00949
8		0.0024	0.1770	0.0136
7		0.0039	0.1880	0.0207
6		0.0052	0.1890	0.0275
5		0.0050	0.1980	0.0253
4		0.0059	0.2070	0.0285
3		0.0072	0.2150	0.0335
2		0.0082	0.2220	0.0369

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-26図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

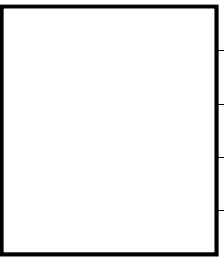
第4-3表 耐震壁の評価結果（補助建屋）

(1) NS方向（N→S）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
14		0.0004	0.1620	0.00247
13		0.0005	0.1640	0.00305
12		0.0005	0.1820	0.00275
11		0.0011	0.1700	0.00647
10		0.0006	0.1760	0.00341

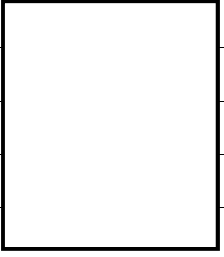
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS方向（S→N）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
14		0.0002	0.1620	0.00123
13		0.0006	0.1640	0.00366
12		0.0006	0.1820	0.00330
11		0.0013	0.1700	0.00765
10		0.0008	0.1760	0.00455

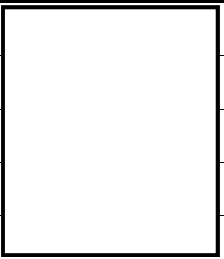
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW方向（E→W）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
14		0.0005	0.1660	0.00301
13		0.0006	0.1620	0.00370
12		0.0013	0.1860	0.00699
11		0.0013	0.1750	0.00743
10		0.0008	0.1770	0.00452

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(4) EW方向（W→E）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
14		0.0010	0.1660	0.00602
13		0.0007	0.1620	0.00432
12		0.0014	0.1860	0.00753
11		0.0014	0.1750	0.00800
10		0.0008	0.1770	0.00452

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-4表 耐震壁の評価結果（中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋）（1/2）

(1) NS方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
9		0.0018	0.1630	0.0110
8		0.0025	0.1710	0.0146
7		0.0025	0.1710	0.0146
6		0.0024	0.1850	0.0130
5		0.0121	0.1850	0.0654
4		0.0015	0.1640	0.00915
3		0.0078	0.1640	0.0476
2		0.0091	0.1760	0.0517
1		0.0031	0.1520	0.0204

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-4表 耐震壁の評価結果（中間建屋、ディーゼル建屋、制御建屋）（2/2）

(2) EW方向（E→W）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
9		0.0008	0.1630	0.00491
8		0.0012	0.1770	0.00678
7		0.0012	0.1770	0.00678
19		0.0004	0.1660	0.00241
6		0.0015	0.1810	0.00829
5		0.0015	0.1810	0.00829
4		0.0015	0.1580	0.00949
3		0.0015	0.1580	0.00949
2		0.0009	0.1820	0.00495
1		0.0014	0.1560	0.00897

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW方向（W→E）

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
9		0.0008	0.1630	0.00491
8		0.0012	0.1770	0.00678
7		0.0012	0.1770	0.00678
19		0.0003	0.1660	0.00181
6		0.0014	0.1810	0.00773
5		0.0014	0.1810	0.00773
4		0.0016	0.1580	0.0101
3		0.0016	0.1580	0.0101
2		0.0008	0.1820	0.00440
1		0.0016	0.1560	0.0103

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-5表 耐震壁の評価結果（緊急時対策所建屋）

(1) NS 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
4		0.000671	0.176	0.00381
3		0.000671	0.176	0.00381

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-28図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
4		0.000206	0.176	0.00117
3		0.000206	0.176	0.00117

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-28図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

4.3 鉄骨架構

降下火砕物等堆積時の鉄骨架構の評価結果を第4-6表及び第4-7表に示す。第4-6表及び第4-7表より、鉄骨架構に発生する層間変形角が、評価基準値を超えないことを確認した。

第4-6表 鉄骨架構の評価結果（補助建屋、燃料取扱建屋）

(1) NS 方向

部材番号※2	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
18(S)		1/50505	1/200	0.00396
17(S)		1/26178		0.00764
16(S)		1/13404		0.0149
15(S)		1/13513※1		0.0148

※1：N→S方向とS→N方向のうち層間変形角の大きい方向の値を記載した。

※2：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材番号※2	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
18(S)		1/96153	1/200	0.00208
17(S)		1/45248		0.00442
16(S)		1/34965		0.00572
15(S)		1/14727※1		0.0136

※1：E→W方向とW→E方向のうち層間変形角の大きい方向の値を記載した。

※2：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-7表 鉄骨架構の評価結果（ディーゼル建屋）（NS 方向）

部材番号※	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
19(S)		1/5336	1/200	0.0375

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-27図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

別紙 2

本資料は、一部補正（2022年1月19日付け）の内容を反映した大飯 3 号機の資料4別添1-3「建屋の強度計算書」について、自主的対応事項No. 117, 128, 129, 130, 131, 132, 138の反映箇所を赤字にしたものである。

別添 1 - 3

建屋の強度計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-別添1-3-1
2. 基本方針	03-別添1-3-2
2.1 位置	03-別添1-3-2
2.2 構造概要	03-別添1-3-3
2.3 評価方針	03-別添1-3-13
2.4 適用規格	03-別添1-3-15
3. 強度評価方法	03-別添1-3-16
3.1 評価対象部位	03-別添1-3-16
3.2 荷重及び荷重の組合せ	03-別添1-3-17
3.3 許容限界	03-別添1-3-28
3.4 評価方法	03-別添1-3-34
4. 強度評価結果	03-別添1-3-58
4.1 屋根	03-別添1-3-58
4.2 耐震壁	03-別添1-3-59
4.3 鉄骨架構	03-別添1-3-64

1. 概要

本資料は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋が降下火砕物及び雪（以下「降下火砕物等」という。）の堆積時において、内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能の維持を考慮して、建屋全体又は建屋の主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

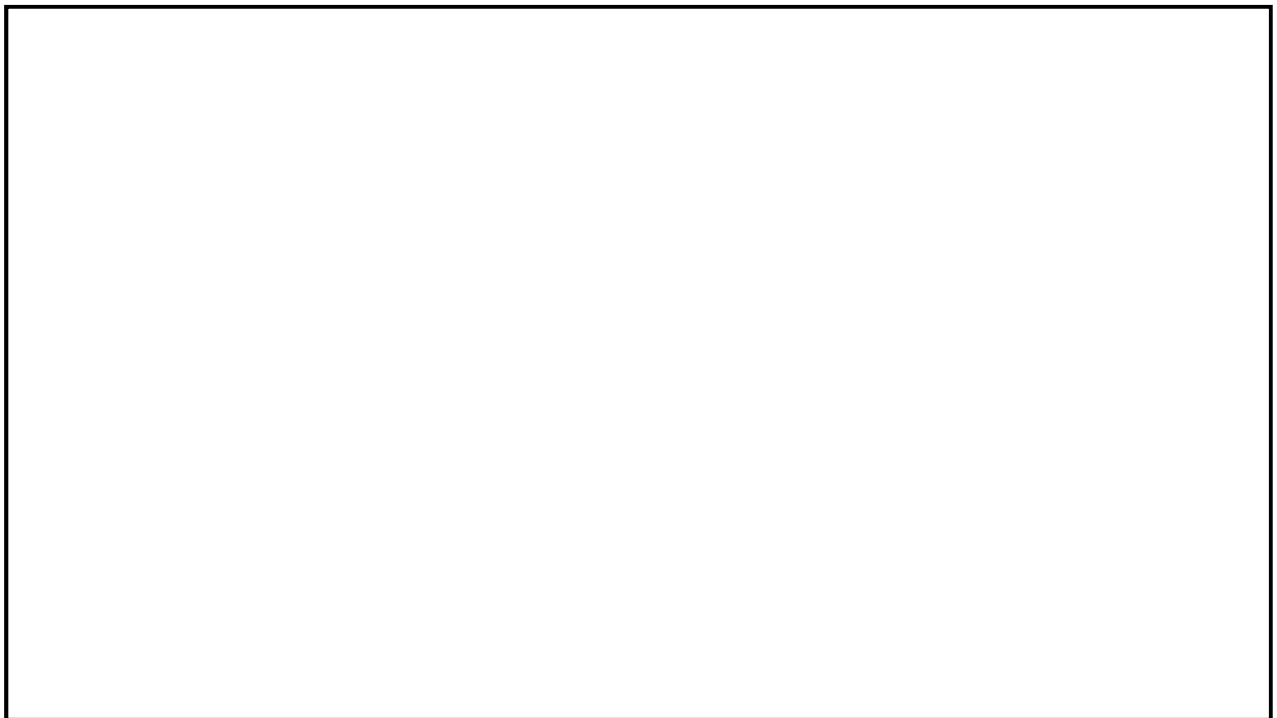
また、上記に加え、原子炉周辺建屋のうちアニュラス区画構造物については気密性の維持を、原子炉格納容器、制御建屋のうち中央制御室遮蔽及び緊急時対策所建屋のうち緊急時対策所遮蔽については遮蔽性の維持を考慮して、建屋全体又は建屋の主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

評価対象となる建屋の位置及び構造概要を、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、「2.1 位置」及び「2.2 構造概要」に示す。

2.1 位置

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す位置に設置する。原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の配置を第2-1図に示す。



第2-1図 配置図

2.2 構造概要

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

原子炉格納容器(プレストレストコンクリート製原子炉格納容器)(PCCV)は、上部シェルのプレストレストコンクリート部分及び底部の鉄筋コンクリート部分(以下「コンクリート部」という。)で構成する構造体であり、耐漏洩性を確保する目的でライナが内張りされている。プレストレストコンクリート部(以下「シェル部」という。)は、膜引張応力を低減する目的でプレストレスを与えた鉄筋コンクリート構造であり、内径約□m、厚さ約□mの半球形状のドーム及び底部とドームの間の内径約□m、厚さ約□mの円筒形状の胴で形成される。また、シェル部は外部遮蔽としての機能も有している。

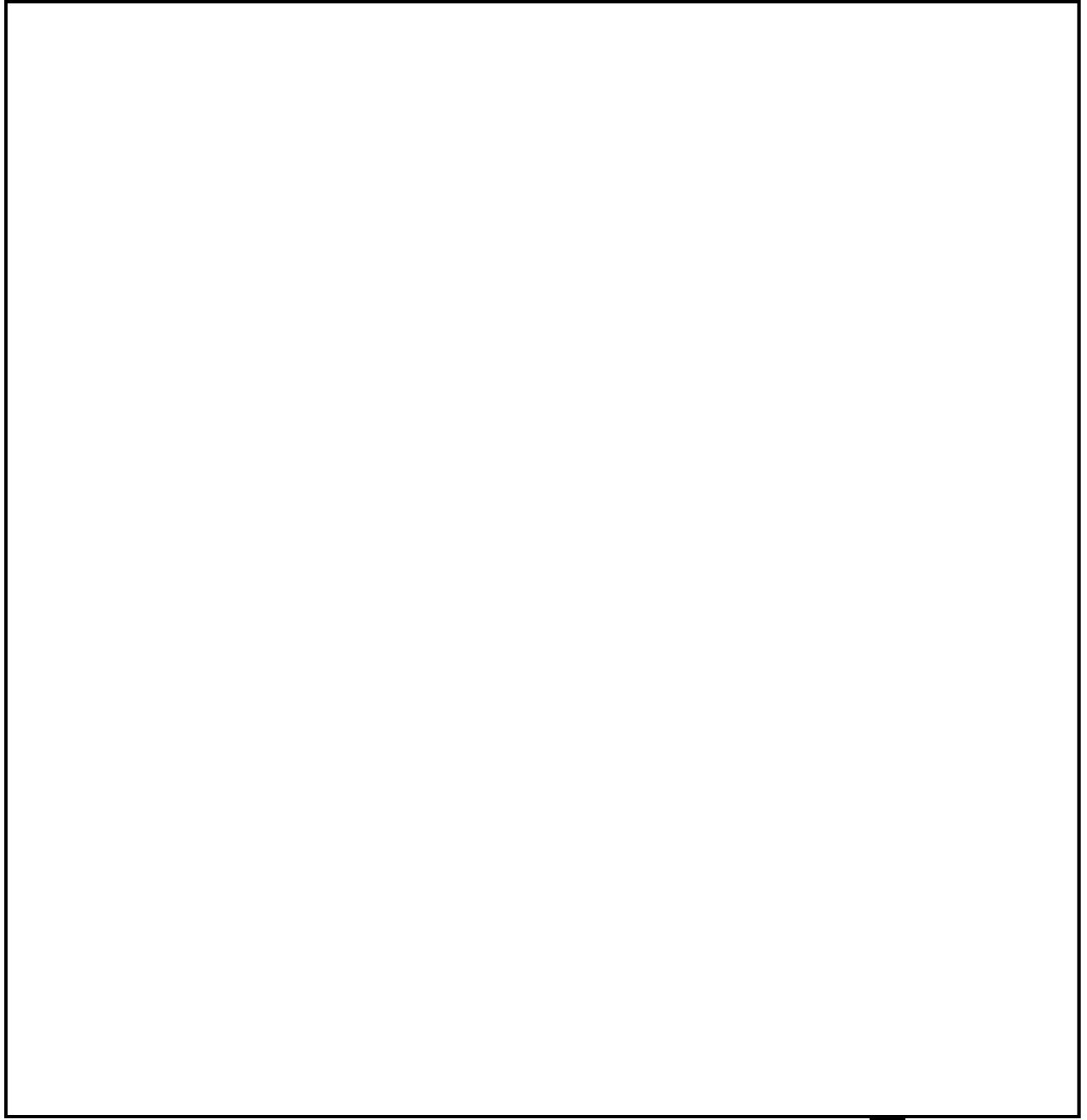
原子炉周辺建屋は、4層の主要床面を有しており、鉄筋コンクリート造の壁式構造を主体とし、一部を鉄骨造の骨組構造とした建物である。本建物の平面規模はNS方向で約□m、EW方向で約□mであり、主要屋根面の基礎底面からの高さは約□mである。

制御建屋は、5層の主要床面を有する、鉄筋コンクリート造の壁式構造を主体とした建物である。本建物の平面規模はNS方向約□m、EW方向約□mであり、主要屋根面の基礎底面からの高さは□mである。

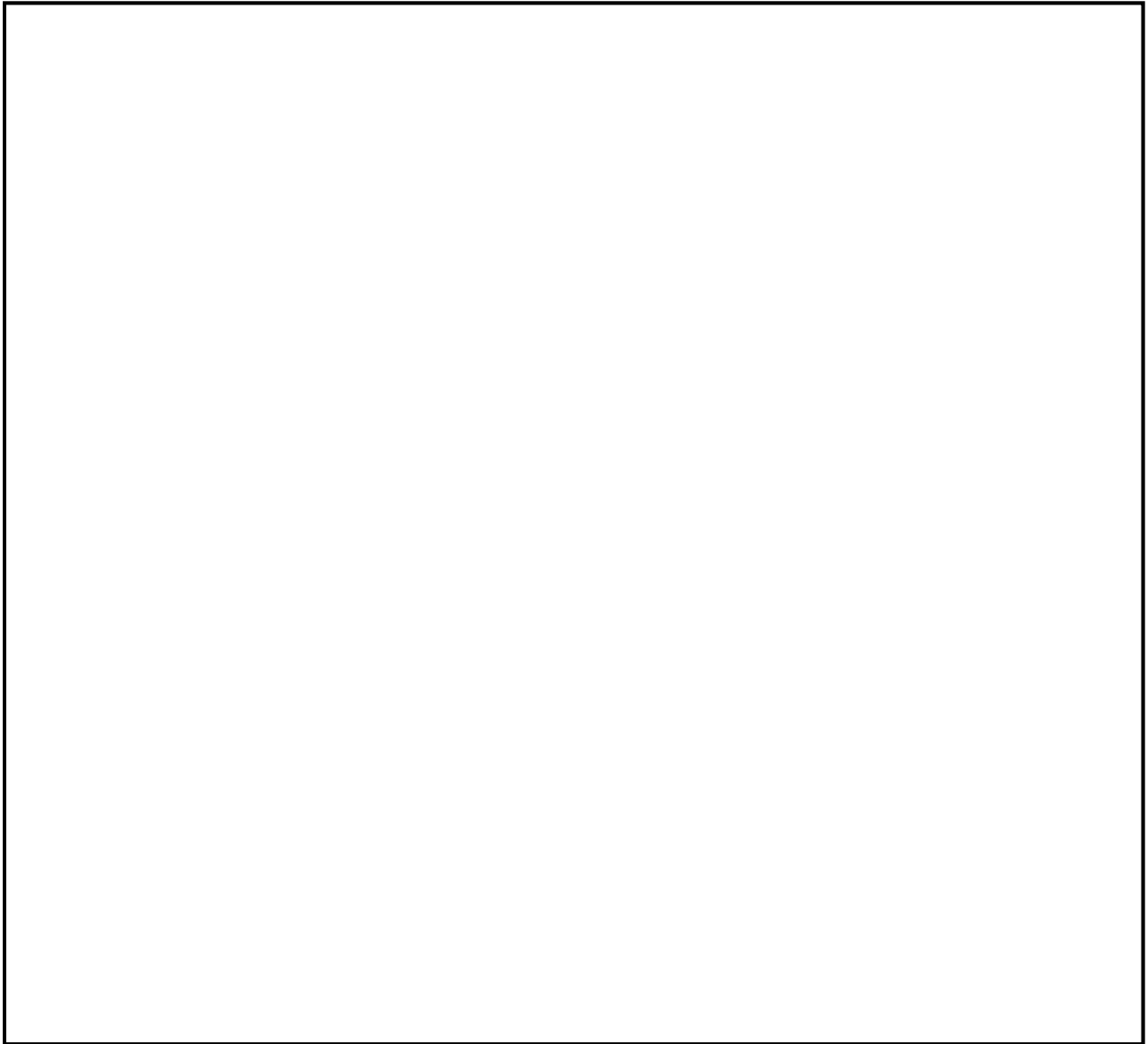
廃棄物処理建屋は、4層の床面を有する、鉄筋コンクリート造の壁式構造の建物である。本建物の平面規模はNS方向で約□m、EW方向で約□mであり、最高屋根面の基礎底面からの高さは□mである。

緊急時対策所建屋の2層の主要床面を有する、鉄筋コンクリート造の壁式構造の建物である。本建物の平面規模は、NS方向で約□m、EW方向で約□mであり、屋根面の基礎底面からの高さは約□mである。

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の概略平面図及び概略断面図を第2-2図～第2-9図に示す。

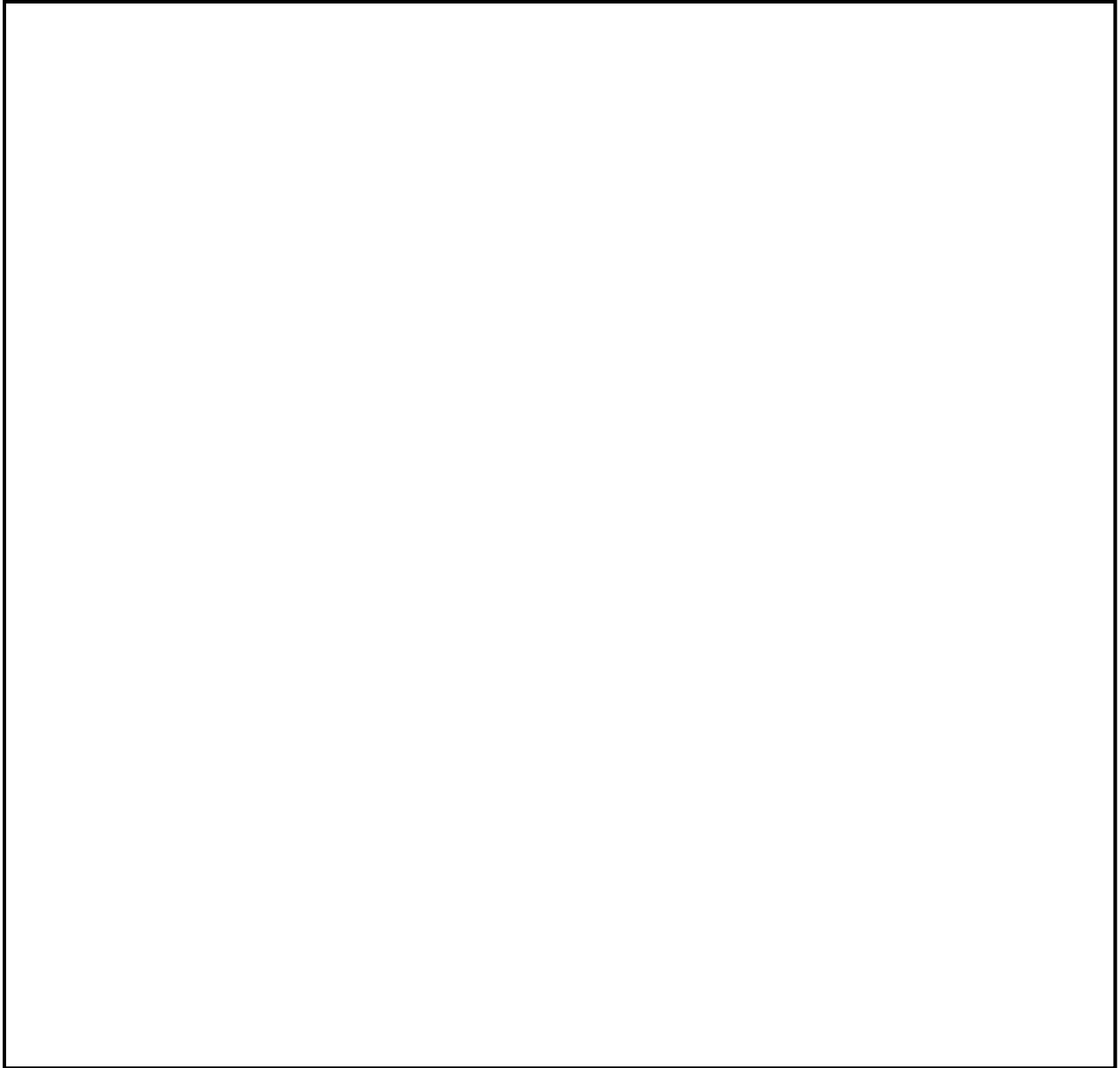


第2-2図 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の概略平面図 (E. L. m)



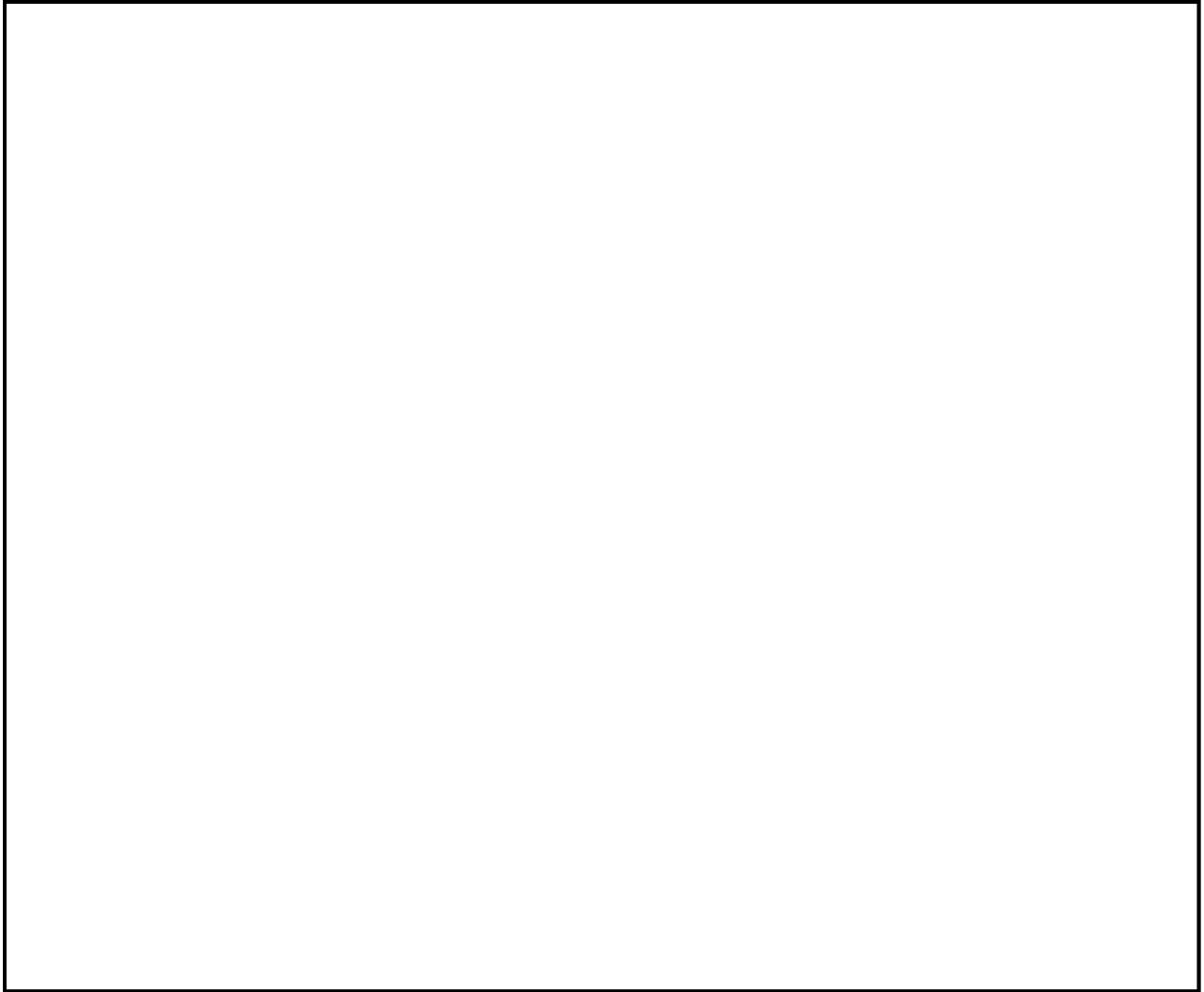
(a) A-A 断面

第 2-3 図 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の概略断面図 (1/2)

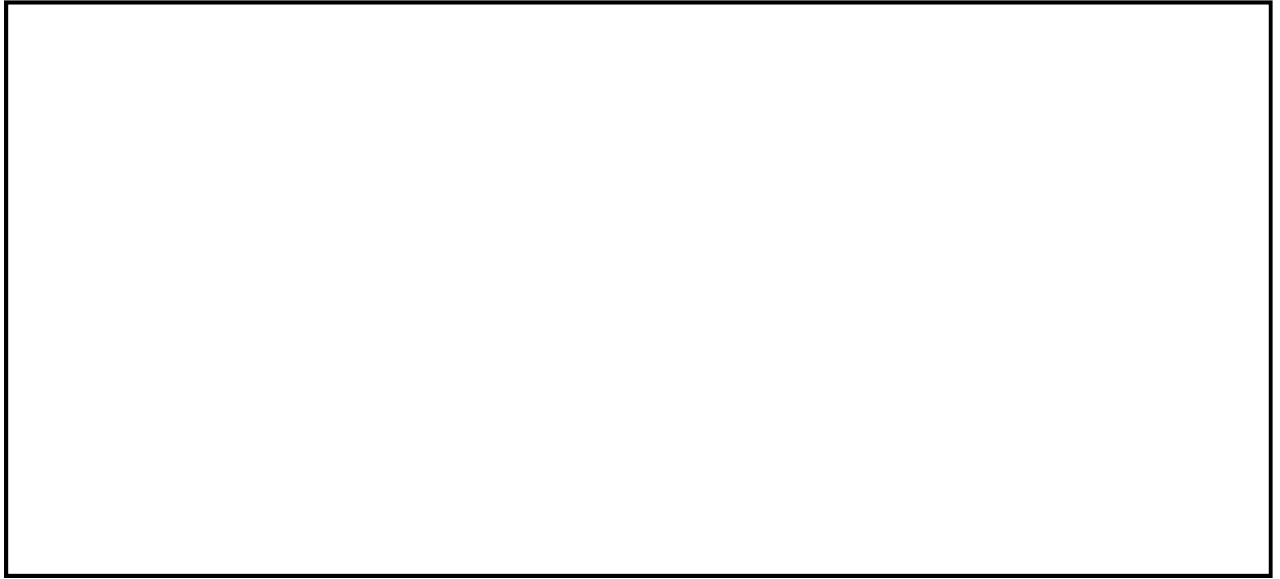


(b) B-B 断面

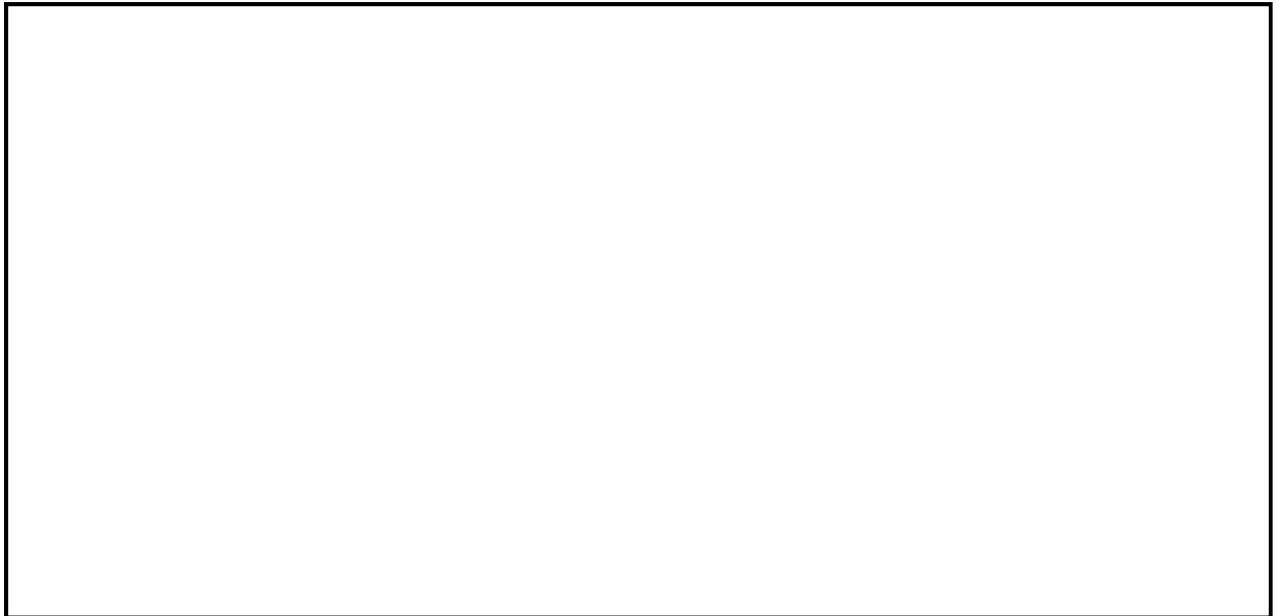
第 2-3 図 原子炉格納容器及び原子炉周辺建屋の概略断面図 (2/2)



第 2-4 図 制御建屋の概略平面図 (E. L. m)

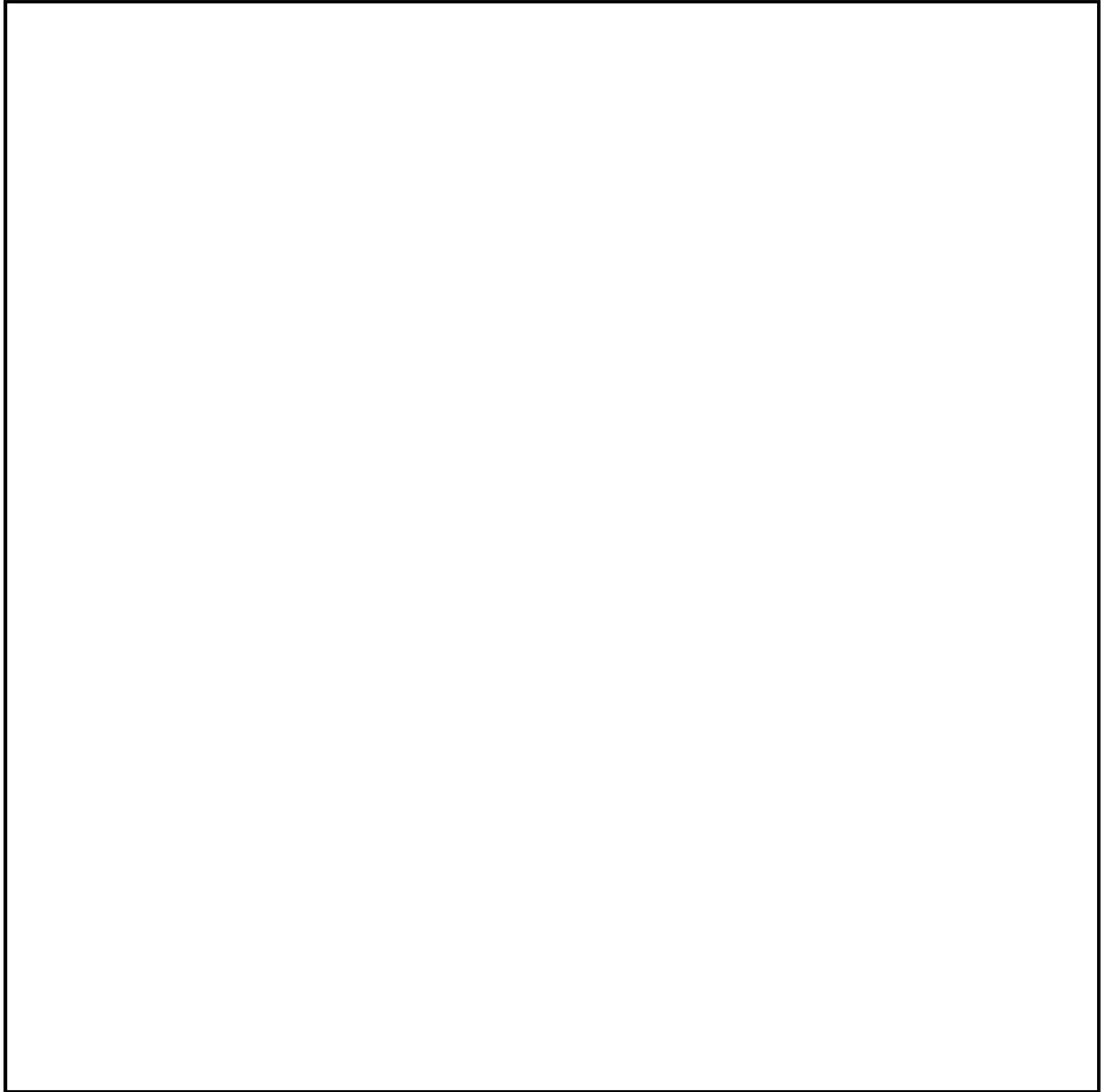


(a) A-A 断面

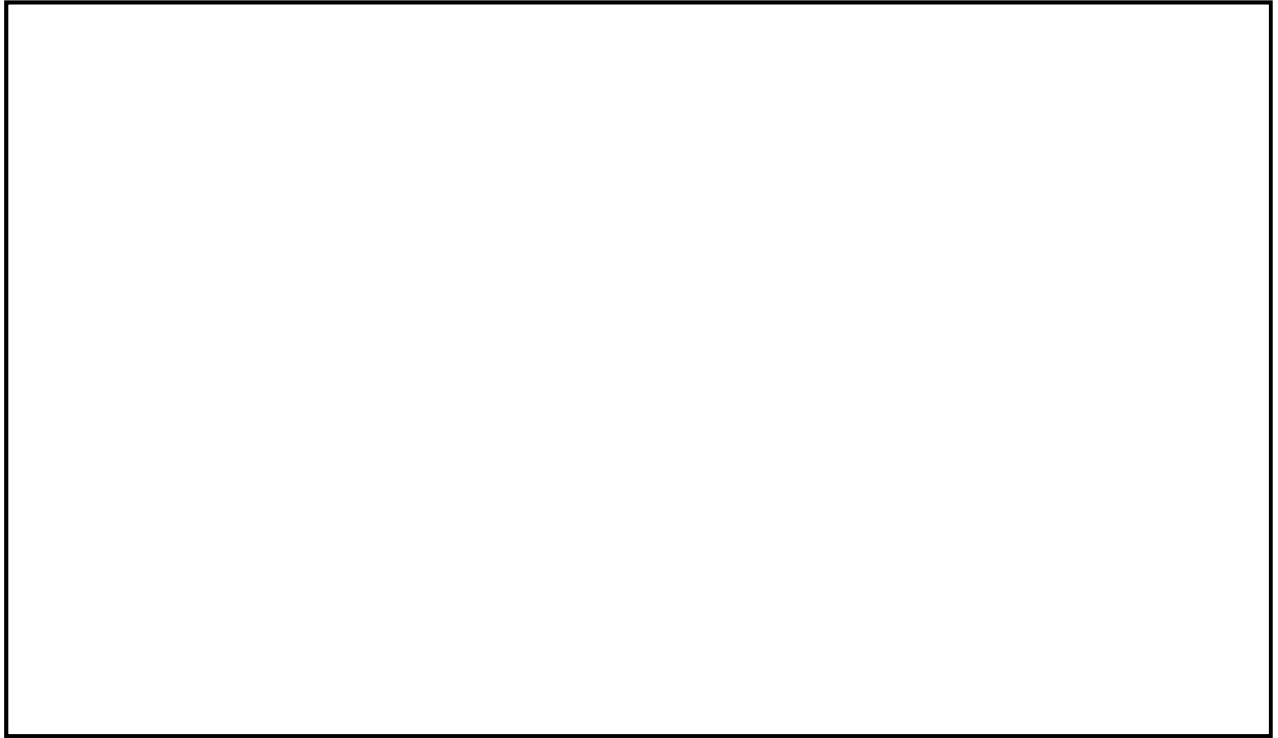


(b) B-B 断面

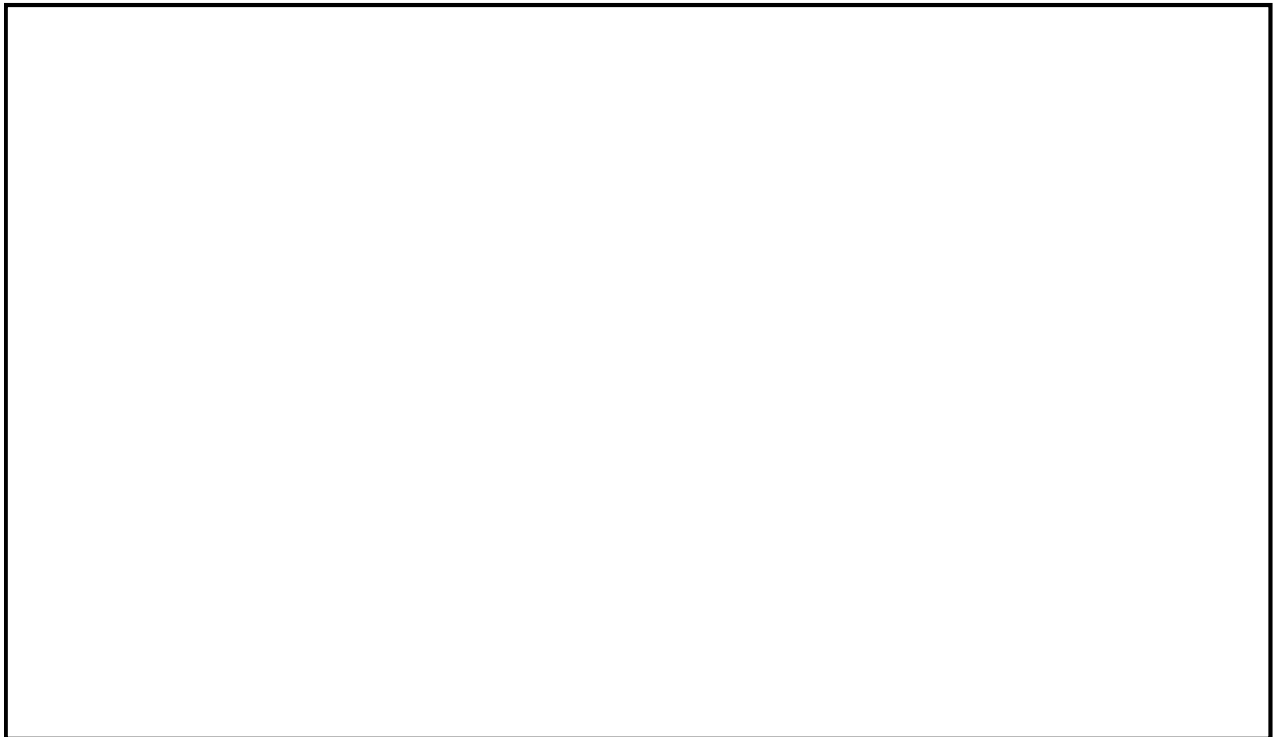
第 2-5 図 制御建屋の概略断面図



第2-6図 廃棄物処理建屋の概略平面図(E. L. m 付近)

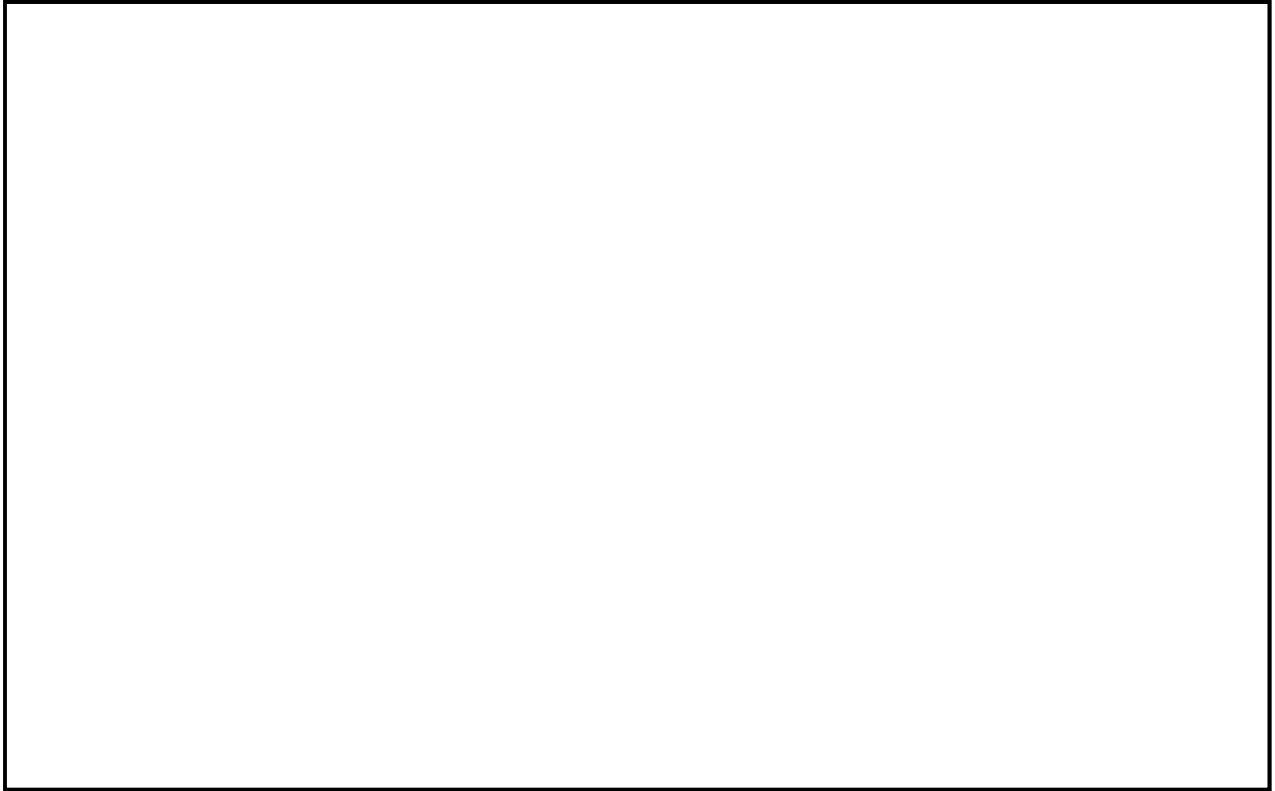


(a) A-A 断面

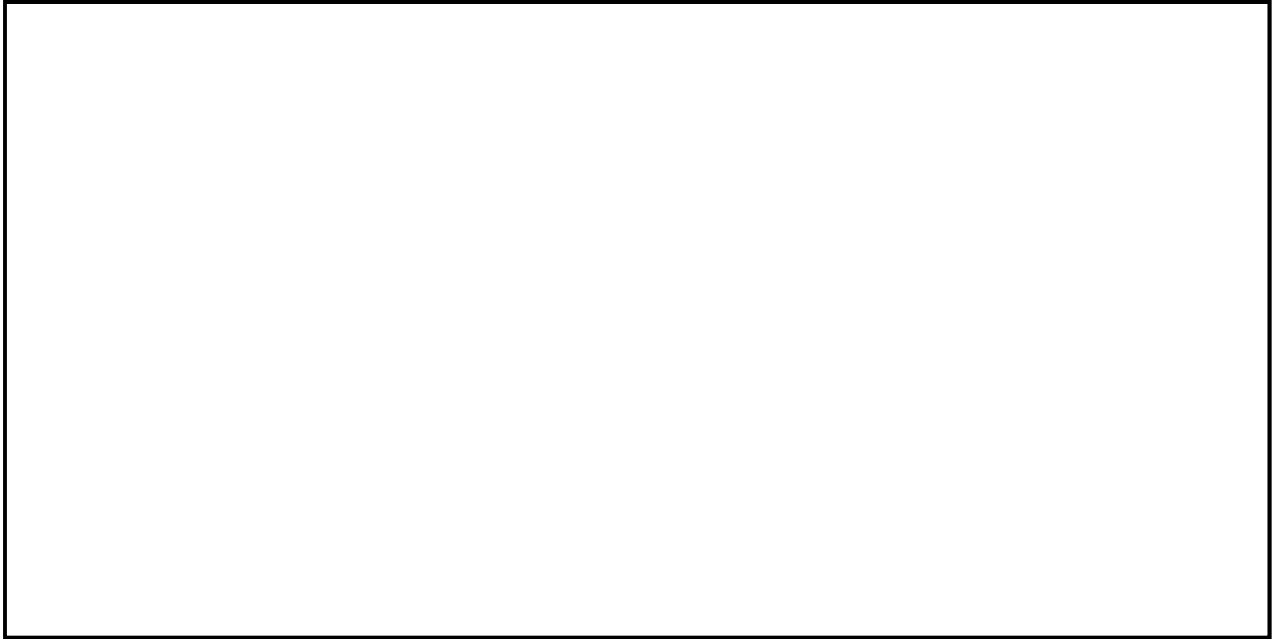


(b) B-B 断面

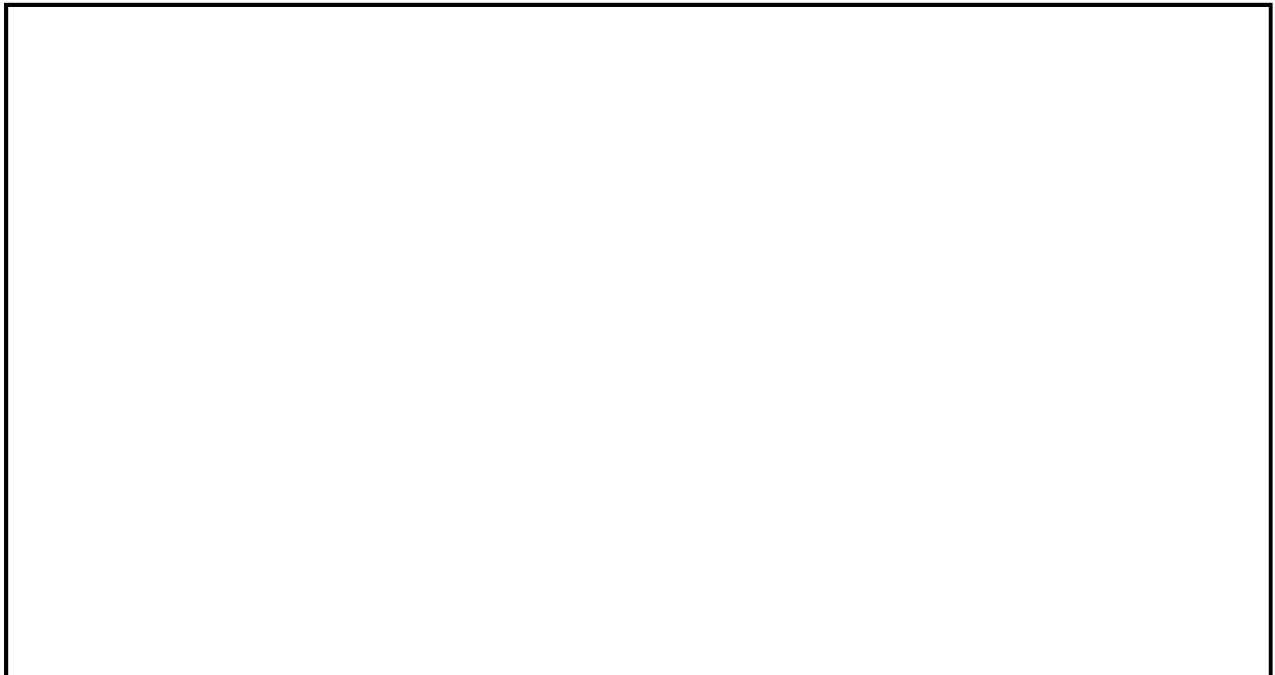
第 2-7 図 廃棄物処理建屋の概略断面図



第2-8図 緊急時対策所建屋の概略平面図 (E. L. m)



(a) A-A 断面図



(b) B-B 断面図

第 2-9 図 緊急時対策所建屋の概略断面図

2.3 評価方針

建屋の強度評価は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、建屋の評価対象部位に作用する応力等が、許容限界を超えないことを「3. 強度評価方法」に示す方法及び評価条件を用いて計算し、「4. 強度評価結果」にて確認する。

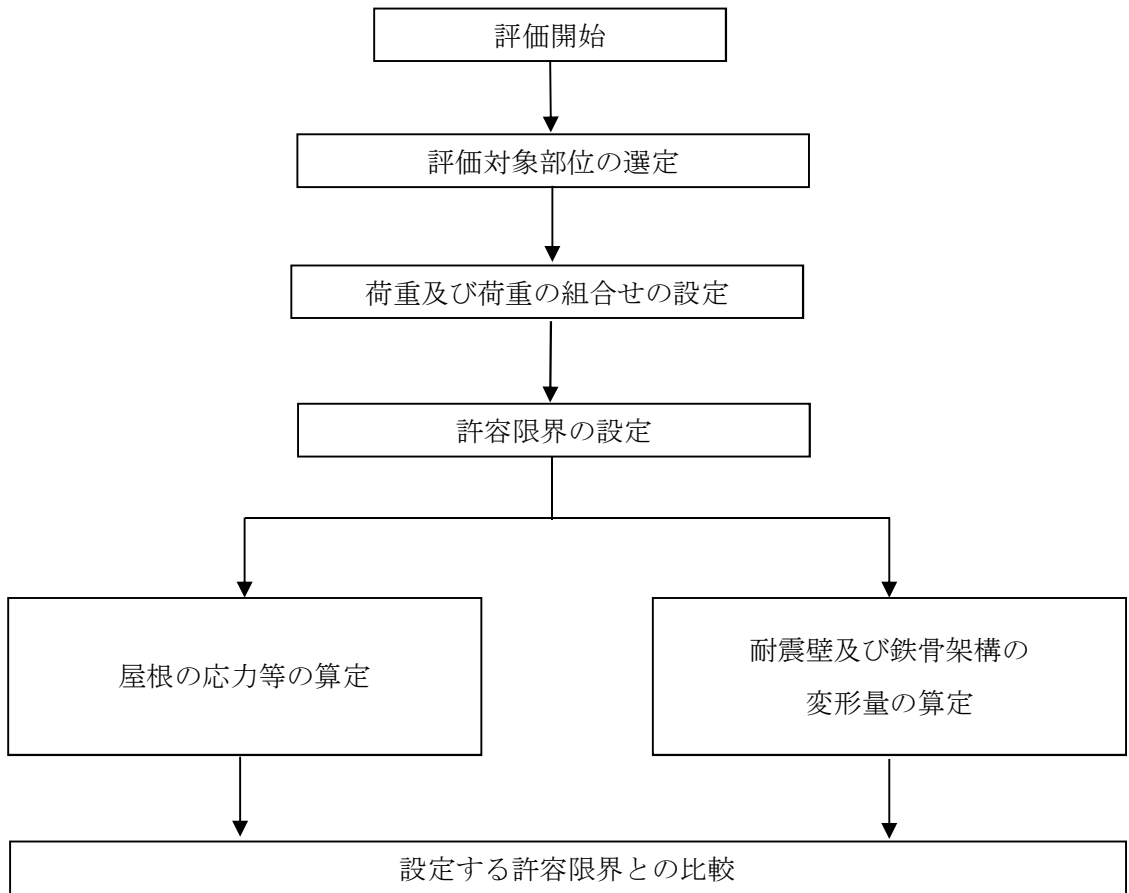
建屋の強度評価のフロー図を第 2-10 図に示す。

建屋の強度評価においては、その構造を踏まえ降下火砕物等堆積による鉛直荷重及びこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

設計荷重は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に従い設定する。

各建屋の設計荷重に対しては、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位として屋根を、水平荷重に抵抗する評価対象部位として耐震壁及び鉄骨架構を選定する。ここで、本資料では PCCV の胴を含めて「耐震壁」という。

許容限界は、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に従い設定する。



第2-10図 建屋の強度評価のフロー図

2.4 適用規格

適用する規格、規準、指針等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 福井県建築基準法施行細則（昭和 47 年 4 月 25 日福井県規則第 41 号）
- ・ 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（社）日本建築学会(1999)
- ・ 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（社）日本建築学会(2005)
（以下「RC-N 規準」という。）
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987」（社）日本電気協会
（以下「JEAG4601-1987」という。）
- ・ 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版」（社）日本電気協会
（以下「JEAG4601-1991」追補版という。）
- ・ 「建築物荷重指針・同解説」（社）日本建築学会(2004)
- ・ 「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（社）日本建築学会(2005)
（以下「S 規準」という。）
- ・ 「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（社）日本機械学会(2003)
（以下「CCV 規格」という。）

3. 強度評価方法

3.1 評価対象部位

建屋の評価対象部位は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.2 許容限界」に従って、屋根、耐震壁及び鉄骨架構とする。

各建屋において、鉛直荷重に抵抗する評価対象部位を以下のとおり選定する。屋根は、屋根スラブ及びそれを受ける梁について評価する。

- ・原子炉格納容器 : 屋根（ドーム）
- ・原子炉周辺建屋 : 屋根（屋根スラブ・梁）
- ・制御建屋 : 屋根（屋根スラブ・梁）
- ・廃棄物処理建屋 : 屋根（屋根スラブ・梁）
- ・緊急時対策所建屋 : 屋根（屋根スラブ・梁）

また、各建屋において、水平荷重に抵抗する評価対象部位を以下のとおり選定する。

- ・原子炉格納容器 : 耐震壁（胴）
- ・原子炉周辺建屋 : 耐震壁・鉄骨架構
- ・制御建屋 : 耐震壁
- ・廃棄物処理建屋 : 耐震壁
- ・緊急時対策所建屋 : 耐震壁

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価においては、別添 1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.2.1 荷重の設定

(1) 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、自重及び積載荷重とする。各建屋に対する常時作用する荷重を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 常時作用する荷重

		常時作用する荷重(N/m ²)
原子炉格納容器	ドーム	[Blank Box]
原子炉周辺建屋	屋根スラブ	
	梁	
制御建屋	屋根スラブ	
	梁	
廃棄物処理建屋	屋根スラブ	
	梁	
緊急時対策所建屋	屋根スラブ	
	梁	

※1：梁の自重は面荷重として考慮し、 F_d に含む。

※2：梁の自重は線荷重として別途考慮し、 F_d には含めていない。

(廃棄物処理建屋は第 3-16 図、緊急時対策所建屋は第 3-18 図参照)

(2) 積雪荷重(F_s)

積雪荷重は、福井県建築基準法等施行細則により定められた大飯郡の垂直積雪量 100cm として設定し、積雪量 1cm ごとに 30N/m^2 の積雪荷重が作用することとし設定する。積雪荷重を第 3-2 表に示す。

第 3-2 表 積雪荷重

積雪荷重 F_s (N/m^2)
3,000

(3) 降下火砕物堆積による鉛直荷重 (F_v)

降下火砕物堆積による鉛直荷重は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す降下火砕物による荷重を踏まえて、降下火砕物の堆積量を 25cm とし、堆積量 1cm ごとに 150N/m^2 の鉛直荷重が作用することとし設定する。降下火砕物堆積による単位面積当たりの鉛直荷重を第 3-3 表に示す。

第 3-3 表 降下火砕物堆積による鉛直荷重

降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v (N/m^2)
3,750

(4) 風荷重 (W)

風荷重の算出に用いる記号を第3-4表のとおり定義する。基準風速は32m/sとする。

第3-4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、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1(3)c. 水平荷重」に示す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を超えるの場合の式を用いる。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、

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

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

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

風荷重の算出条件を第3-5表に、各建屋の風力係数及び受風面積を第3-6表～第3-10表に示す。なお、同一方向でも風向によって各層の受風面積が異なる場合で、受風面積の大小関係によりいずれかの風向で代表できない場合は、両方向について風荷重の算出条件を設定する。

第3-5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	<input type="text"/> ※1	350	0.15	2.20※2	2,650
<ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所建屋 	32	<input type="text"/>	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（第2-3図参照）

※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

第3-6表 原子炉格納容器の風力係数及び受風面積
(NS方向、EW方向共通) ※1

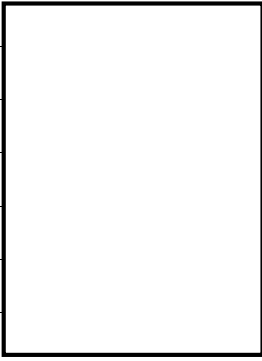
部材 番号※2	高さ E. L. (m)	位置	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
			風上	風下	風上	風下
10		球形	0.539	-	25.02	25.02
9		球形	0.539	-	166.68	166.68
8		球形	0.539	-	364.48	364.48
7		球形	0.539	-	359.12	359.12
6		円筒形	0.539	-	483.36	483.36
5		円筒形	0.539	-	456.00	456.00
4		円筒形	0.539	-	155.04	155.04
3		円筒形	0.539	-	0	0
2		円筒形	0.539	-	0	0
1		円筒形	0.539	-	0	0

※1：原子炉格納容器は受風面積及び復元力特性がNS方向とEW方向で同一である。

※2：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

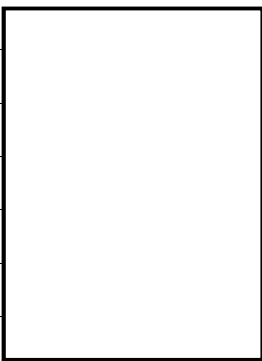
第3-7表 原子炉周辺建屋の風力係数及び受風面積 (1/2)

(1) NS方向 (N→S)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
33		0.8	-0.4	0	163.02
32(S)		0.8	-0.4	430.36	281.15
31(S)		0.8	-0.4	0	202.97
30(S)		0.8	-0.4	409.12	409.12
29(S)		0.8	-0.4	586.91	0
28		0.8	-0.4	546.44	632.72
27		0.8	-0.4	639.91	639.91

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS方向 (S→N)

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
33		0.8	-0.4	163.02	0
32(S)		0.8	-0.4	281.15	430.36
31(S)		0.8	-0.4	202.97	0
30(S)		0.8	-0.4	409.12	409.12
29(S)		0.8	-0.4	0	586.91
28		0.8	-0.4	632.72	546.44
27		0.8	-0.4	639.91	639.91

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-7表 原子炉周辺建屋の風力係数及び受風面積 (2/2)

(3) EW方向 (E→W)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
33		0.8	-0.4	195.82	195.82
32(S)		0.8	-0.4	284.19	604.58
31(S)		0.8	-0.4	0	331.50
30(S)		0.8	-0.4	205.71	205.71
29(S)		0.8	-0.4	295.10	0
28		0.8	-0.4	831.14	791.06
27		0.8	-0.4	890.00	890.00

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。


(4) EW方向 (W→E)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
33		0.8	-0.4	195.82	195.82
32(S)		0.8	-0.4	604.58	284.19
31(S)		0.8	-0.4	331.50	0
30(S)		0.8	-0.4	205.71	205.71
29(S)		0.8	-0.4	0	295.10
28		0.8	-0.4	791.06	831.14
27		0.8	-0.4	890.00	890.00

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。


第3-8表 制御建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
5		0.8	-0.4	500.08	500.08
4		0.8	-0.4	268.80	268.80
3		0.8	-0.4	308.00	308.00
2		0.8	-0.4	240.80	240.80
1		0.8	-0.4	252.00	252.00

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-20図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号*	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
5		0.8	-0.4	499.63	499.63
4		0.8	-0.4	268.56	268.56
3		0.8	-0.4	307.73	307.73
2		0.8	-0.4	240.59	240.59
1		0.8	-0.4	251.78	251.78

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-20図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-9表 廃棄物処理建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向 (N→S)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
8		0.8	-0.4	197.37	197.37
7		0.8	-0.4	461.15	477.92
6		0.8	-0.4	459.20	431.36
5		0.8	-0.4	476.00	476.00
4		0.8	-0.4	420.00	420.00

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS 方向 (S→N)

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
8		0.8	-0.4	197.37	197.37
7		0.8	-0.4	477.92	461.15
6		0.8	-0.4	431.36	459.20
5		0.8	-0.4	476.00	476.00
4		0.8	-0.4	420.00	420.00

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
8		0.8	-0.4	396.27	396.27
7		0.8	-0.4	140.08	140.08
6		0.8	-0.4	520.34	453.19
5		0.8	-0.4	441.58	441.58
4		0.8	-0.4	389.63	389.63

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第3-10表 緊急時対策所建屋の風力係数及び受風面積

(1) NS 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
①		0.816	-0.4	123.2	123.2
②		0.816	-0.4	105.8	105.8

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-22図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	風力係数 C		受風面積 A (m ²)	
		風上	風下	風上	風下
①		0.816	-0.4	136.4	136.4
②		0.816	-0.4	112.0	112.0

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-22図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

3.2.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、建屋の評価対象部位ごとに設定する。

建屋に水平方向の風荷重が作用すると、屋根に対し、鉛直上向きの荷重が働き、鉛直下向きの荷重が低減されるため、保守的に、風による鉛直方向の荷重は考慮しない。

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の評価に用いる荷重の組合せを第3-11表に示す。

第3-11表 荷重の組合せ

施設分類	施設名称	評価対象部位	荷重
建屋	<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 ・ 緊急時対策所建屋 	屋根 (ドーム 屋根スラブ 梁)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 F_d ・ 積雪荷重 F_s ・ 降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v
		耐震壁 (胴を含む) 鉄骨架構	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常時作用する荷重 F_d ・ 積雪荷重 F_s ・ 降下火砕物堆積による鉛直荷重 F_v ・ 風荷重 W

3.3 許容限界

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の許容限界は、別添1-1「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に従って、「3.1 評価対象部位」にて設定している建屋の評価対象部位ごとに設定する。

建屋の評価対象部位の許容限界及び評価基準値を第3-12表～第3-16表に、使用材料の許容応力度を第3-17表～第3-19表に示す。

第3-12表 原子炉格納容器の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	ドーム	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値 (荷重状態Ⅲの許容値) ※1
		耐震壁 (胴)	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※1
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	ドーム	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「CCV規格」に基づく荷重状態Ⅳの許容値 (荷重状態Ⅲの許容値) ※1
		耐震壁 (胴)	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※2

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して荷重状態Ⅲの許容値等とする。

※2：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-13表 原子炉周辺建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
一	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※2
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※2
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※2
		鉄骨架構		最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 1/30 (1/200) ※2 ※3
※1 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	屋根スラブ		部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
		耐震壁		最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※4
		鉄骨架構		最大層間変形角が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 1/30 (1/200) ※5

※1：原子炉周辺建屋の一部を構成しているアニュラス区画構造物を対象とする。

※2：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※3：建築基準法施行令第82条の2に規定された値を採用する。

※4：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

※5：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値が1/200であることから、評価基準値として1/200を適用する。

第3-14表 制御建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
			S 梁		「S 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ³
※ ¹ 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	耐震壁		最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴
※ ² 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	耐震壁		最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴

※1：制御建屋の一部を構成している中央制御室遮蔽を対象とする。

※2：中央制御室は、居住性の評価を行っており、中央制御室換気設備の処理対象となるバウンダリを定めていることから、気密性の維持についても確認を行う。

※3：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※4：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-15表 廃棄物処理建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ¹
			RC 梁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ¹
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ¹

※1：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、評価基準値はさらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

第3-16表 緊急時対策所建屋の許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持すること	屋根	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
			RC 梁		「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ³
※ ¹ 遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	屋根スラブ		部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」等における終局耐力 (短期許容応力度) ※ ³
		耐震壁		最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴
※ ² 気密性	換気性能とあいまって気密性を維持すること	屋根スラブ		部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度
		耐震壁		最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性 (せん断スケルトンカーブの第1折点のひずみ) ※ ⁴

※¹：緊急時対策所建屋の一部を構成している緊急時対策所遮蔽を対象とする。

※²：緊急時対策所は、居住性の評価を行っており、緊急時制御室換気設備の処理対象となるバウンダリを定めていることから、気密性の維持についても確認を行う。

※³：許容限界は終局強度に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度等とする。

※⁴：内包する防護すべき施設に降下火砕物を堆積させない機能を維持するための評価基準値をせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみとすることから、評価基準値としてせん断スケルトンカーブの第1折点のひずみを適用する。

第3-17表 鋼材の許容応力

建屋	種類	F 値 (N/mm ²)	短期		
			引張 (N/mm ²)	圧縮・曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
原子炉周辺建屋	SS400	235	235	235	135
制御建屋	SS400	235	235	235	135

第3-18表 コンクリートの許容応力

建屋	設計基準強度 (N/mm ²)	短期	
		圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
原子炉格納容器	44.1	29.4	1.39
原子炉周辺建屋	29.4	19.6	1.17
制御建屋	29.4	19.6	1.17
廃棄物処理建屋	29.4	19.6	1.17
緊急時対策所建屋	30.0	20.0	1.18

第3-19表 鉄筋の許容応力

建屋	種類	短期	
		引張・圧縮 (N/mm ²)	面外せん断補強 (N/mm ²)
原子炉格納容器	SD390	390	390
原子炉周辺建屋	SD345	345	345
制御建屋	SD345	345	345
廃棄物処理建屋	SD345	345	345
緊急時対策所建屋	SD345	345	345
	SD390	390	390

3.4 評価方法

3.4.1 屋根

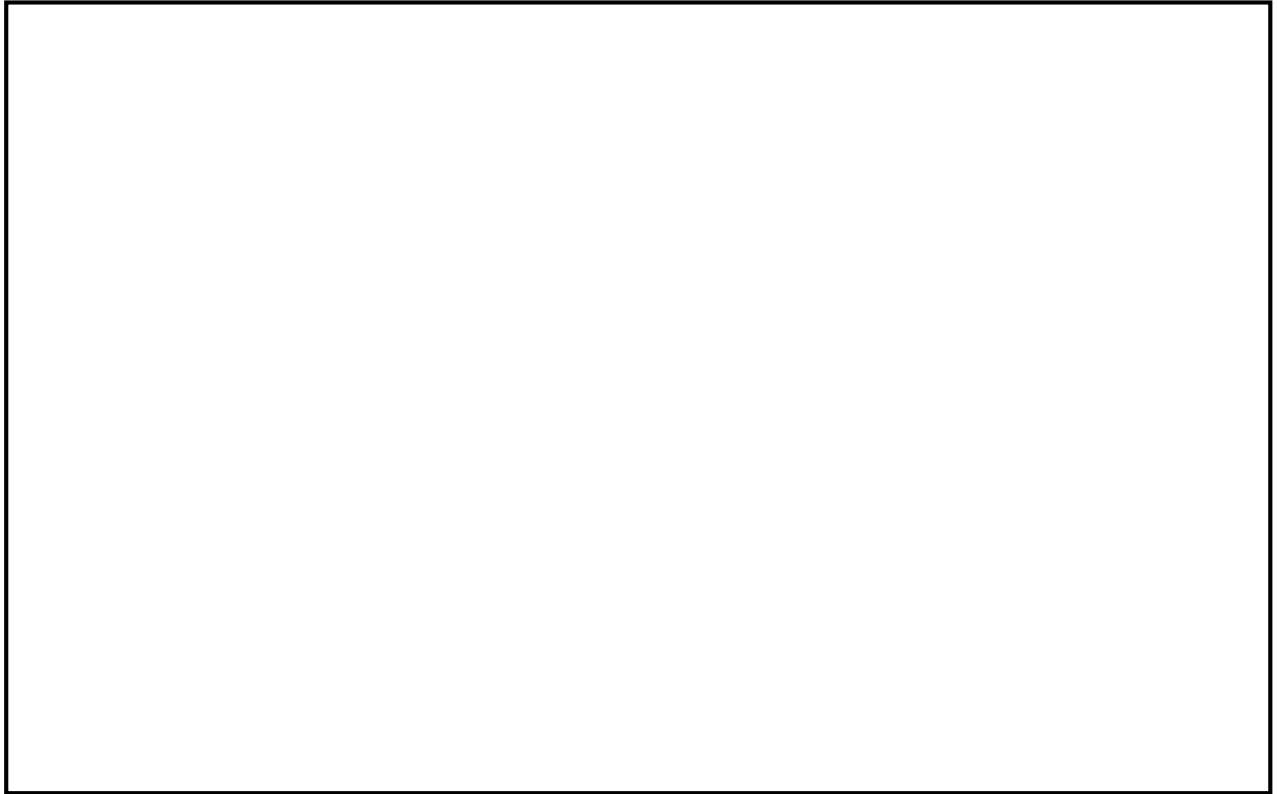
(1) ドーム

原子炉格納容器のドームの応力評価は、別添 1-1 「火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針」のうち「5. 強度評価方法」に基づき、応力解析モデルを用いて弾性応力解析を実施する。

応力解析モデルについては、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 3-1 7-7-5-1 「原子炉格納容器の耐震計算書（コンクリート部）」で用いた 3 次元 FEM モデルと同一とする。応力解析モデルの概要図を第 3-1 図に示す。

原子炉格納容器のドームについては、膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度、面内せん断応力度並びに面外せん断応力度を算定し、「CCV 規格」に基づき設定した各評価基準値を超えないことを確認する。

なお、ドームの応力評価には解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2012r2」を、ドームの断面算定には解析コード「SCARC Ver. 2019」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-1図 原子炉格納容器の応力解析モデルの概要図

イ. 膜力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、子午線方向及び円周方向各々について、膜力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。この場合、膜力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して、「CCV 規格」の CVE-3511-1 及び CVE-3511-2 に示す等価膜力として評価する。

膜力と面内せん断力の関係図を第 3-2 図に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については、CVE-3413 及び CVE-3421 に示す各許容値を超えないことを確認する。

$$N_{\phi}^* = N_{\phi} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots \text{(CVE-3511-1)}$$

$$N_{\theta}^* = N_{\theta} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots \text{(CVE-3511-2)}$$

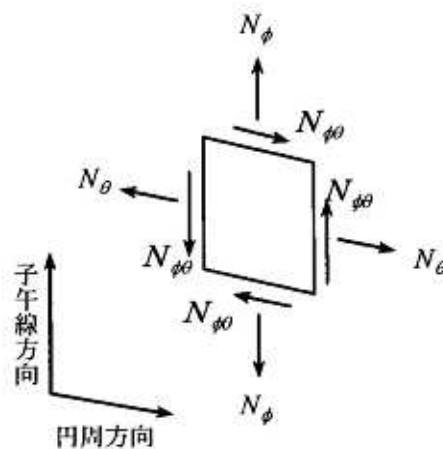
ここで、

N_{ϕ}^* 、 N_{θ}^* : ϕ 、 θ 方向の等価膜力

N_{ϕ} 、 N_{θ} : ϕ 、 θ 方向の膜力

$N_{\phi\theta}$: 面内せん断力

(ϕ 方向は子午線方向、 θ 方向は円周方向とする)



第 3-2 図 膜力と面内せん断力の関係図

ロ. 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3512.1 に基づいて行う。

荷重状態Ⅲにおいては、ドームに生じる面内せん断応力度が、CVE-3512.2-1 及び CVE-3512.2-2 より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_u = 0.5 \left\{ (p_{t\phi} \cdot f_y - \sigma_{p\phi} - \sigma_{0\phi}) + (p_{t\theta} \cdot f_y - \sigma_{p\theta} - \sigma_{0\theta}) \right\} \cdots \cdots \text{(CVE-3512.2-1)}$$

$$\tau_u = 1.25 \sqrt{F_c} \cdots \cdots \text{(CVE-3512.2-2)}$$

ここで、

τ_u : 終局面内せん断応力度 (N/mm²)

$p_{t\phi}$: 子午線方向主筋の鉄筋比

$p_{t\theta}$: 円周方向主筋の鉄筋比

$\sigma_{p\phi}$: プレストレス荷重により生じる子午線方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

$\sigma_{p\theta}$: プレストレス荷重により生じる円周方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

$\sigma_{0\phi}$: プレストレス荷重以外の外力により生じる子午線方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)

$\sigma_{0\theta}$: プレストレス荷重以外の外力により生じる円周方向の膜応力度 (N/mm²) (引張の場合のみを考慮し、符号を正とする)

f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、第 3-19 表に示す値 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

ハ. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「CCV 規格」の CVE-3513.1 に基づいて行う。

荷重状態Ⅲにおいては、ドームに生じる面外せん断応力度が、CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値の 0.75 倍の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R = \Phi \{0.1(p_t \cdot f_y - \sigma_0) + 0.5p_w \cdot f_y + 0.235\sqrt{F_c}\} \cdots \cdots \cdots \text{(CVE-3513.2-1)}$$

$$\tau_R = 1.10\sqrt{F_c} \cdots \cdots \cdots \text{(CVE-3513.2-2)}$$

ここで、

τ_R : 終局面外せん断応力度 (N/mm²)

p_t : 主筋の鉄筋比

σ_0 : 外力による膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって、次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \cdots \cdots \cdots \text{(CVE-3513.2-3)}$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)

b : 断面の幅 (mm)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)

Φ : 低減係数であり、次の計算式により計算した値

(1 を超える場合は 1、0.58 未満の場合は 0.58 とする)

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / (Q \cdot d)} \cdots \cdots \cdots \text{(CVE-3513.2-4)}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_y : 鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり、第 3-19 表に示す値 (N/mm²)

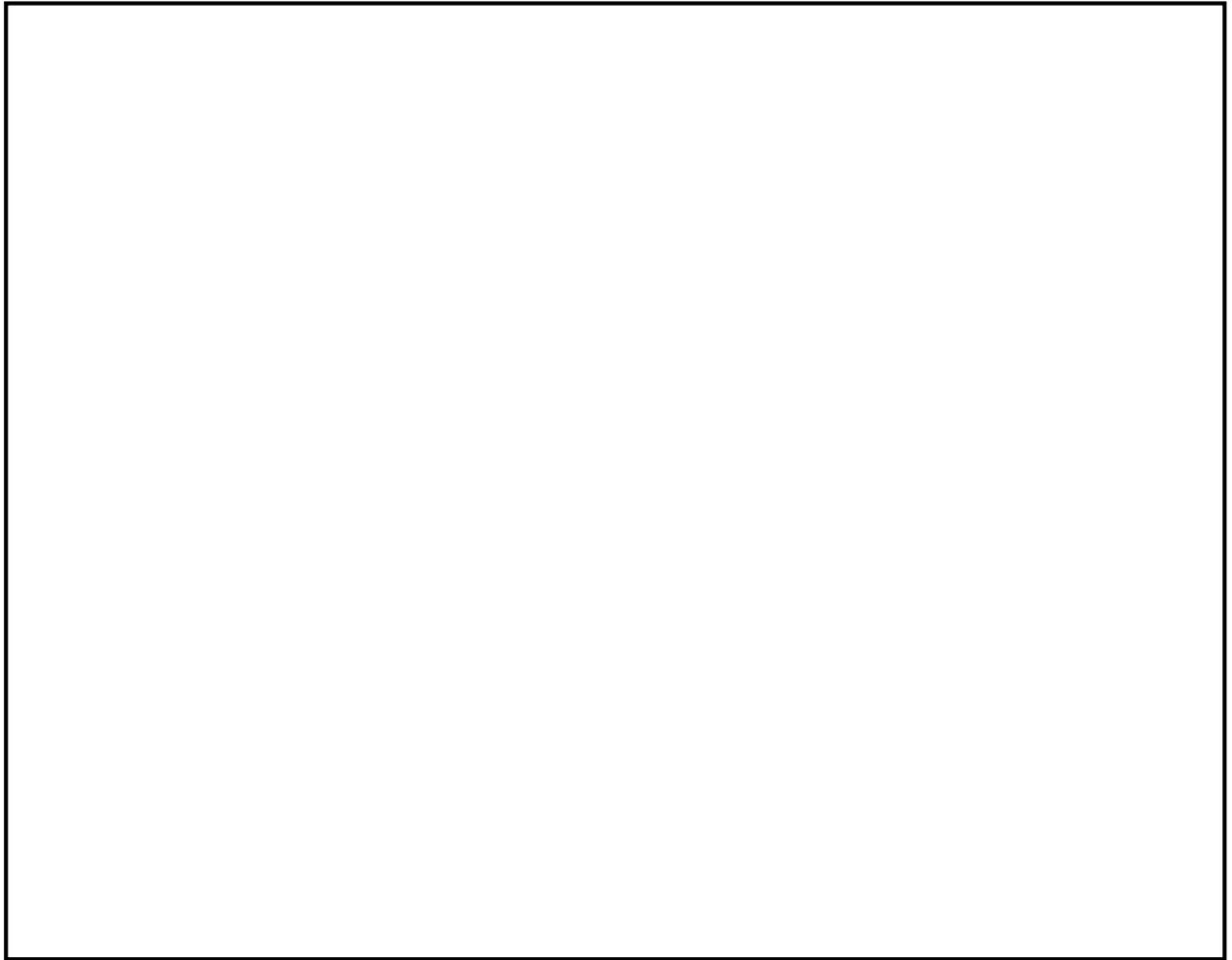
F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

(2) 屋根スラブ及び梁

曲げモーメント及び面外せん断力を算定し、部材に生じる応力が第 3-12 表～第 3-16 表の評価基準値（短期許容応力度）を超えないことを確認する。

a. 評価部材

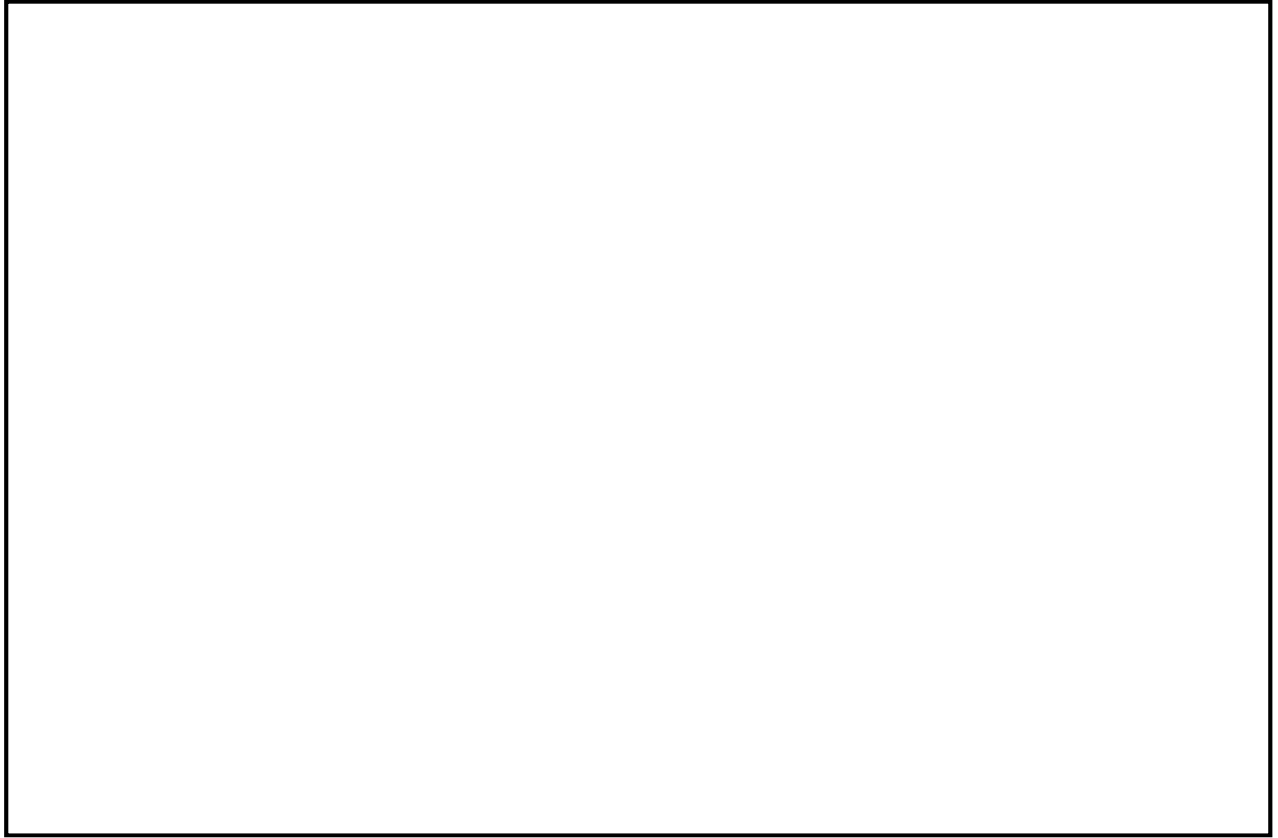
原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の屋根の評価部材は屋根スラブ及び梁を対象とする。なお、評価結果については、降下火砕物等堆積時に発生する応力を考慮した際に、**屋根スラブ及び梁の全ての部材のうち、評価基準値に対して発生する応力等の割合が最も大きくなる部材について、それぞれ記載する。記載する部材の位置を第 3-3 図～第 3-10 図に示す。**



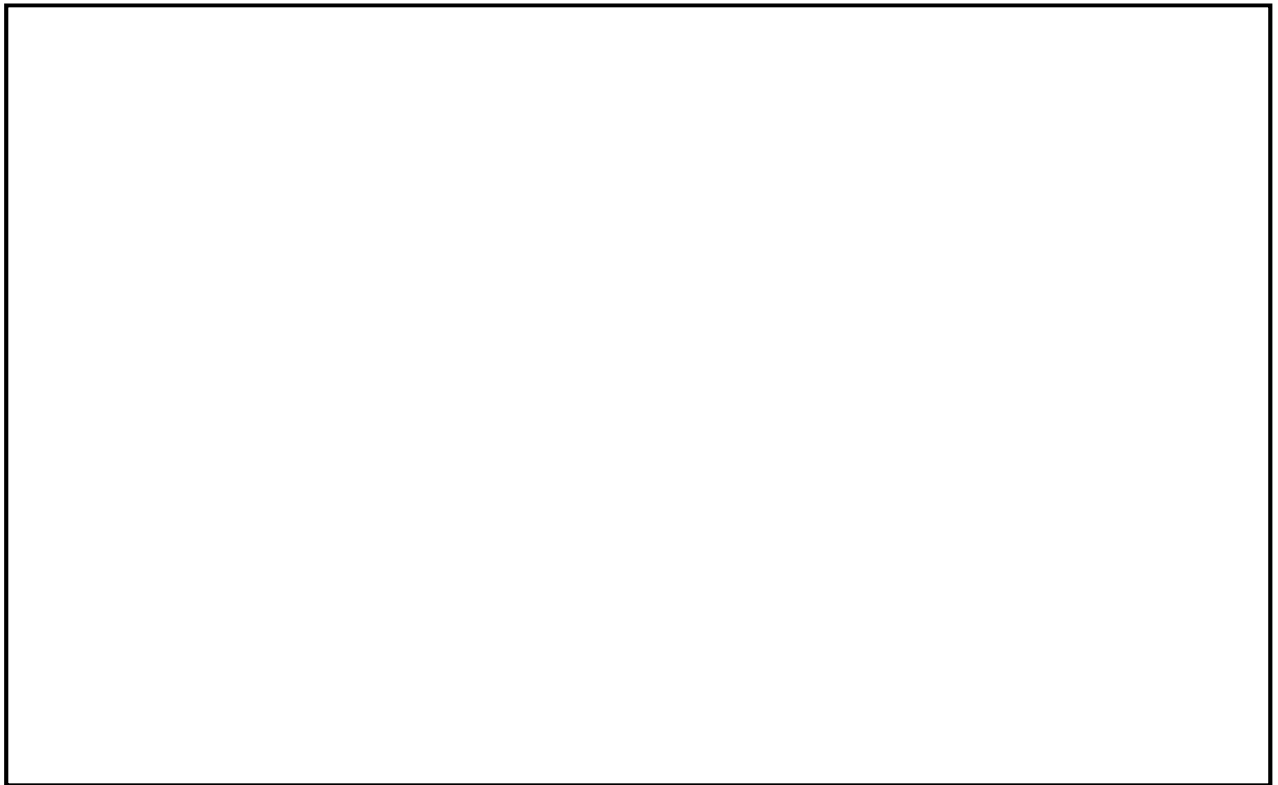
第3-3図 原子炉周辺建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



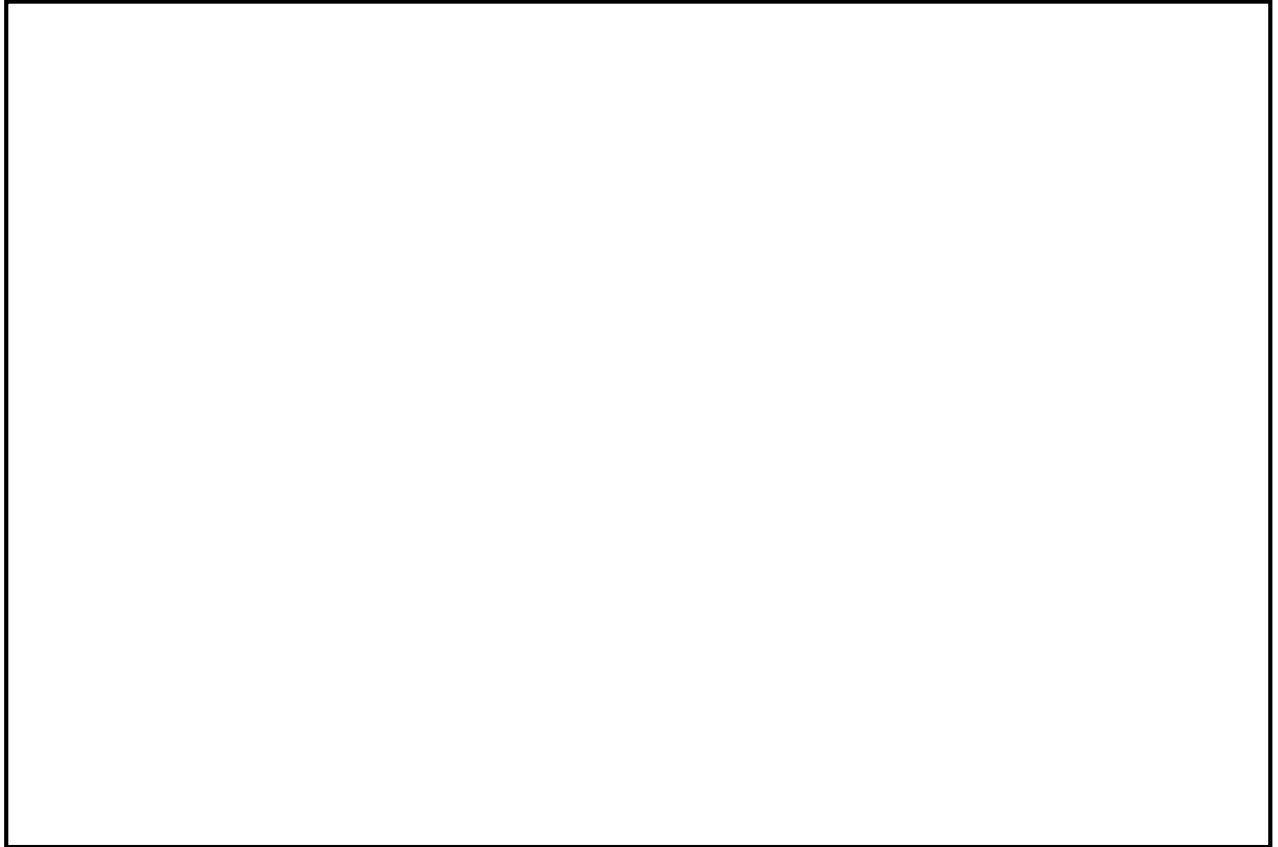
第3-4図 原子炉周辺建屋 梁の評価を記載する部材の位置



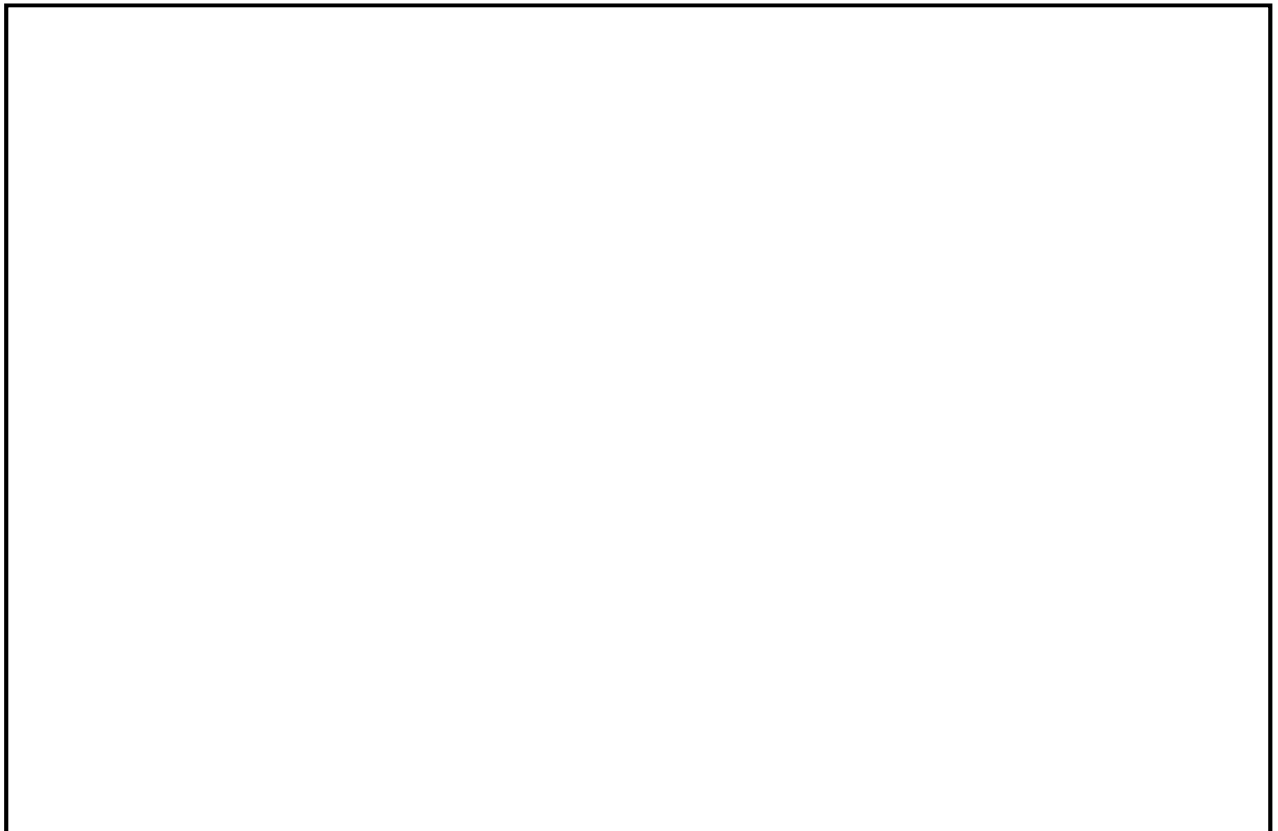
第3-5図 制御建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



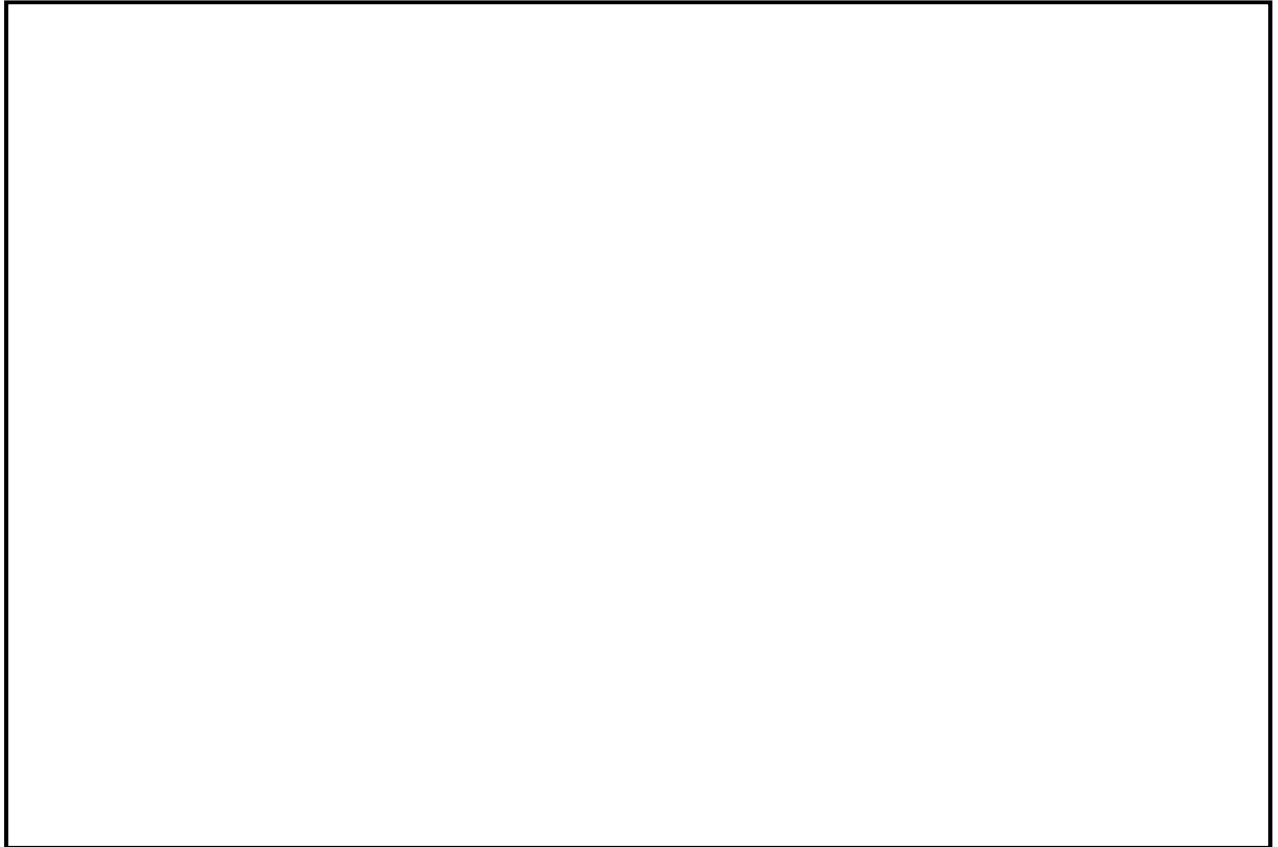
第3-6図 制御建屋 梁の評価を記載する部材の位置



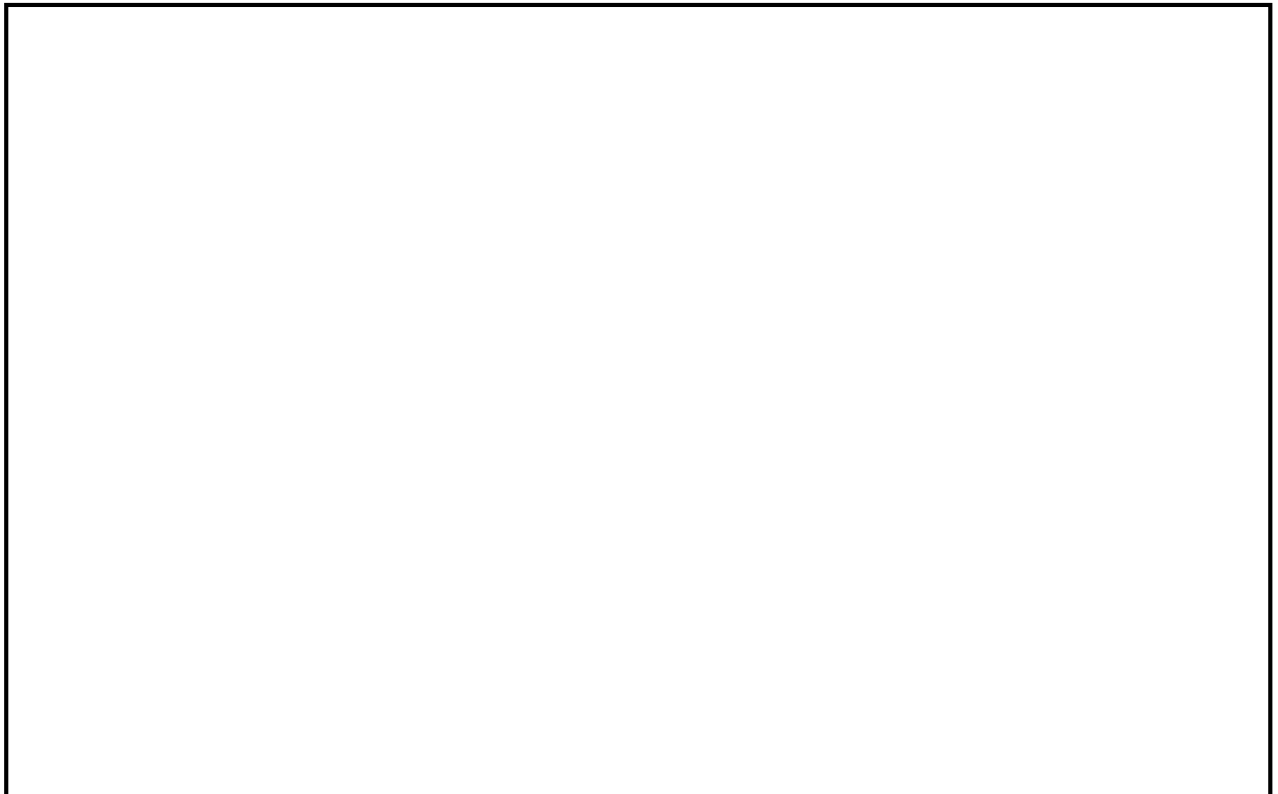
第3-7図 廃棄物処理建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



第3-8図 廃棄物処理建屋 梁の評価を記載する部材の位置



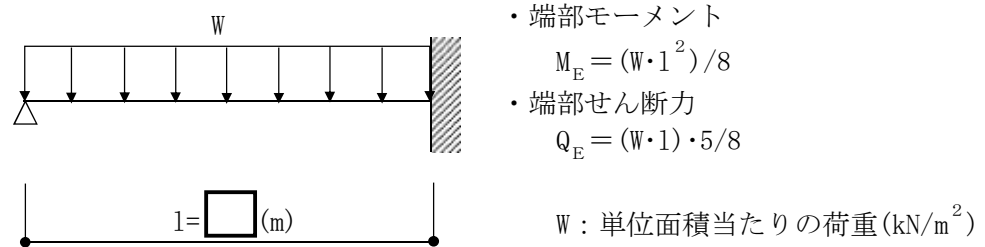
第3-9 図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価を記載する部材の位置



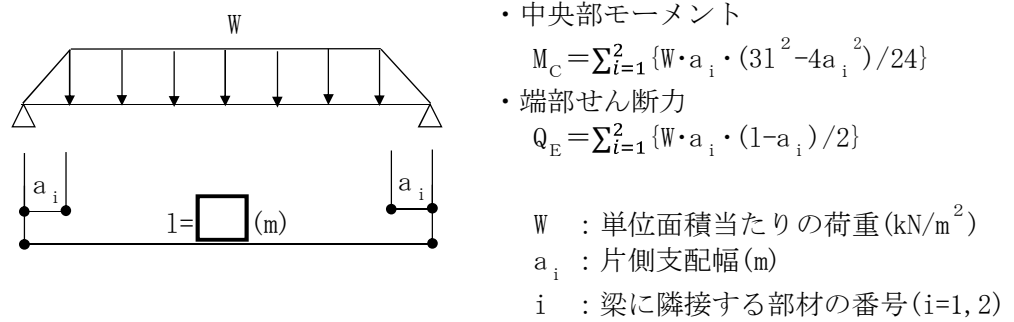
第3-10 図 緊急時対策所建屋 梁の評価を記載する部材の位置

b. 応力評価モデル

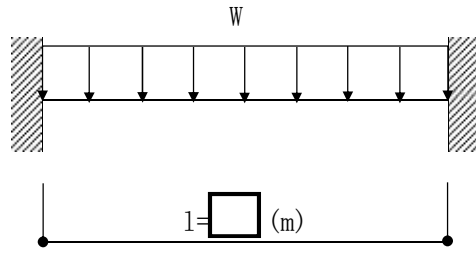
前項において、評価結果を記載する部材として選定した各建屋の屋根スラブ及び梁の応力評価モデル図を第3-11図～第3-18図に示す。また、部材の評価条件を第3-20表～第3-27表に示す。



第3-11図 原子炉周辺建屋 屋根スラブの評価モデル図



第3-12図 原子炉周辺建屋 梁の評価モデル図



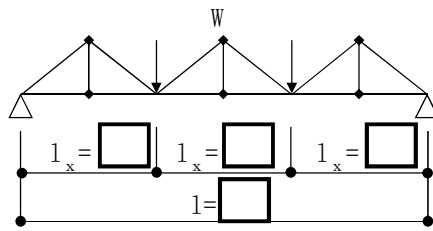
- 端部モーメント

$$M_E = (W \cdot l^2) / 12$$
- 端部せん断力

$$Q_E = (W \cdot l) / 2$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

第 3-13 図 制御建屋 屋根スラブの評価モデル図



- 中央部モーメント

$$M_C = \sum_{i=1}^2 \{ (\lambda_i / 2 + 1/24) \cdot W \cdot l_x^3 \}$$
- 端部せん断力

$$Q_E = \sum_{i=1}^2 \{ (\lambda_i / 2 + 1/8) \cdot W \cdot l_x^2 \}$$

W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

(単位:m)

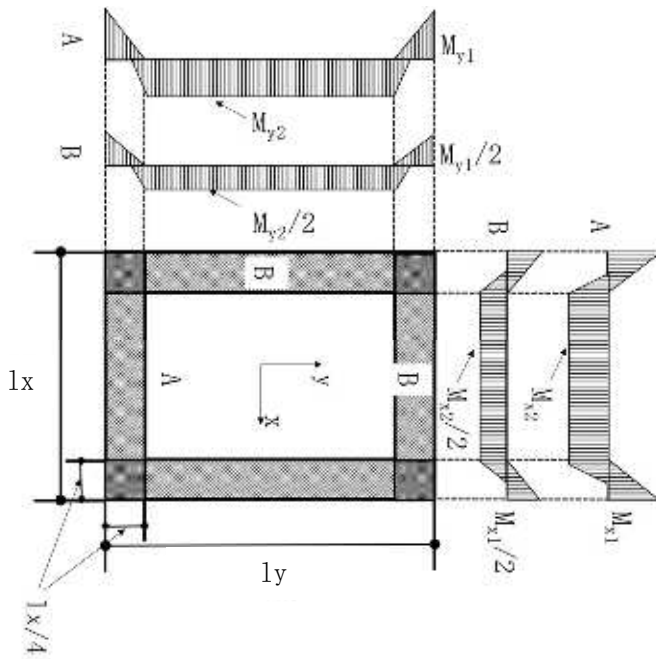
λ_i : $l_{y i} / l_x$

l_x : 梁間寸法 (二次部材の梁) (m)

$l_{y i}$: 梁間寸法 (一次部材の梁) (m)

i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

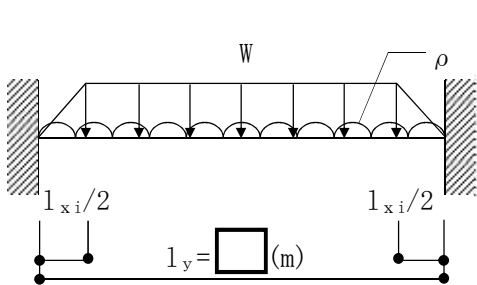
第 3-14 図 制御建屋 梁の評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_{x1} = W_x \cdot l_x^2 / 12$
 $M_{y1} = W \cdot l_x^2 / 24$
 - 中央モーメント
 $M_{x2} = W_x \cdot l_x^2 / 18$
 $M_{y2} = W \cdot l_x^2 / 36$
 - せん断力
 $Q_{x1} = W \cdot l_x \cdot 0.52$
 $Q_{y1} = W \cdot l_x \cdot 0.46$
- なお、
 $W_x = W \cdot l_y^4 / (l_x^4 + l_y^4)$
 W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)

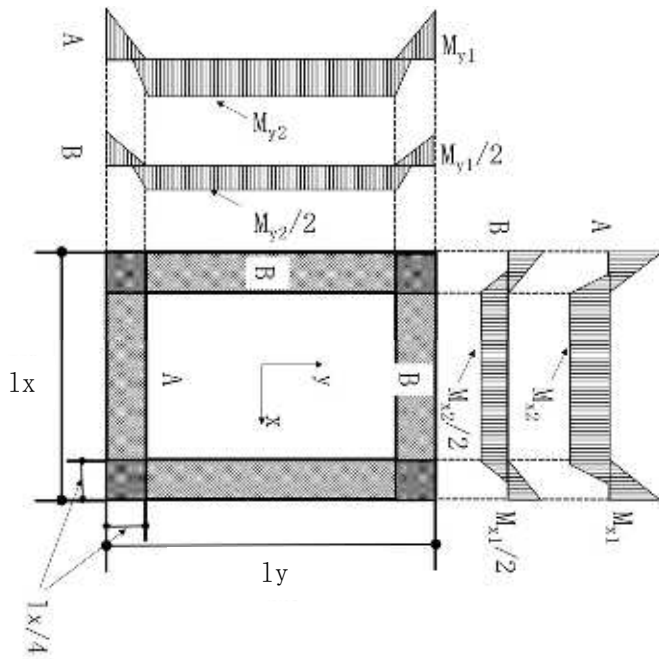


第 3-15 図 廃棄物処理建屋 屋根スラブの評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_E = \sum_{i=1}^2 \{ [\lambda_i^2 / 24 - 1/48 + 1 / (192 \cdot \lambda_i)] \cdot W \cdot l_{xi}^3 + \rho \cdot b \cdot l_y^2 / 12 \}$
 - 端部せん断力
 $Q_E = \sum_{i=1}^2 \{ (\lambda_i / 4 - 1/8) \cdot W \cdot l_{xi}^2 + \rho \cdot b \cdot l_y / 2 \}$
- W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)
 ρ : 自重等による荷重 (kN/m²) ($\rho = \square$ kN/m²)
 λ_i : l_y / l_{xi}
 l_{xi} : 梁間寸法 (m)
 l_y : 支持スパン (m)
 b : 梁幅 (m) ($b = \square$ m)
 i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

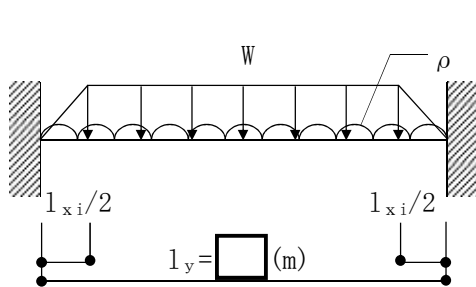
第 3-16 図 廃棄物処理建屋 梁の評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_{x1} = W \cdot l_x^2 / 12$
 $M_{y1} = W \cdot l_x^2 / 24$
 - 中央モーメント
 $M_{x2} = W \cdot l_x^2 / 18$
 $M_{y2} = W \cdot l_x^2 / 36$
 - せん断力
 $Q_{x1} = W \cdot l_x \cdot 0.52$
 $Q_{y1} = W \cdot l_x \cdot 0.46$
- なお、
 $W_x = W \cdot l_y^4 / (l_x^4 + l_y^4)$
 W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)



第3-17図 緊急時対策所建屋 屋根スラブの評価モデル図



- 端部モーメント
 $M_E = \sum_{i=1}^2 \{ [\lambda_i^2 / 24 - 1/48 + 1 / (192 \cdot \lambda_i)] \cdot W \cdot l_{xi}^3 + \rho \cdot b \cdot l_y^2 / 12 \}$
 - 端部せん断力
 $Q_E = \sum_{i=1}^2 \{ (\lambda_i / 4 - 1/8) \cdot W \cdot l_{xi}^2 + \rho \cdot b \cdot l_y / 2 \}$
- W : 単位面積当たりの荷重 (kN/m²)
 ρ : 自重等による荷重 (kN/m²) ($\rho = \square$ kN/m²)
 λ_i : l_y / l_{xi}
 l_{xi} : 梁間寸法 (m)
 l_y : 支持スパン (m)
 b : 梁幅 (m) ($b = \square$ m)
 i : 梁に隣接する部材の番号 (i=1, 2)

第3-18図 緊急時対策所建屋 梁の評価モデル図

第3-20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

第3-21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

第3-22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

第3-23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

第3-24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

第3-25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

第3-26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

第3-27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

c. 断面の評価

前項の応力評価モデルにより算出した曲げモーメント及びせん断力を用いて、以下のとおり断面を評価する。

(a) 曲げモーメントに対する屋根スラブ断面の評価方法

曲げモーメントに対する断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、次式を基に計算した評価対象部位に必要な引張鉄筋断面積が、配筋量を超えないことを確認する。

$$a_t = \frac{M}{\sigma_t \cdot j}$$

ここで、

a_t : 必要引張鉄筋断面積 (mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

σ_t : 鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)

j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

(b) 面外せん断力に対する屋根スラブ断面の評価方法

面外せん断に対する断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断応力が次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$Q_A = \alpha \cdot b \cdot j \cdot f_s$$

ただし、

$$\alpha = 4 / \{M / (Q \cdot d) + 1\} \quad \text{かつ} \quad 1.0 \leq \alpha \leq 2.0$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm) (1000mm とする。)

j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)

α : せん断スパン比 $M / (Qd)$ による割増係数

d : 有効せい (mm)

M : 降下火砕物等堆積時の最大曲げモーメント (N・mm)

Q : 降下火砕物等堆積時の最大せん断力 (N)

(c) 曲げモーメントに対する S 梁断面の評価方法

曲げモーメントに対する S 梁断面の評価は、次式を基に計算した評価対象部位に生じる曲げ応力度が評価基準値を超えないことを確認する。

$$\sigma_b = M / Z$$

ここで、

σ_b : 曲げ応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

(d) せん断力に対する S 梁断面の評価方法

せん断力に対する S 梁断面の評価は、次式を基に計算した評価対象部位に生じるせん断応力度が評価基準値を超えないことを確認する。

$$\tau_s = Q / A_s$$

ここで、

τ_s : せん断応力度 (N/mm²)

Q : せん断力 (N)

A_s : せん断断面積 (mm²)

(e) 曲げモーメントに対する RC 梁断面の評価方法

曲げモーメントに対する RC 梁断面の評価は、「RC-N 規準」に基づき次式により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。

$$a_t = \frac{M}{\sigma_t \cdot j}$$

ここで、

- a_t : 必要引張鉄筋断面積 (mm²)
 M : 曲げモーメント (N・mm)
 σ_t : 鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²)
 j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

(f) せん断力に対する RC 梁断面の評価方法

せん断力に対する RC 梁断面の評価は、評価対象部位に生じるせん断力が次式を基に計算した評価基準値を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t \cdot (p_w - 0.002)\}$$

ただし、 $\alpha = 4 / \{M / (Q \cdot d) + 1\}$ かつ $1.0 \leq \alpha \leq 2.0$

ここで、

- Q_A : 短期許容せん断力 (N)
 b : 梁幅 (mm)
 j : 応力中心間距離で有効せい d の (7/8) 倍 (mm)
 d : 有効せい (mm)
 p_w : せん断補強筋比 (p_w が 1.2% を超える場合は、1.2% とする)
 f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm²)
 $w f_t$: せん断補強筋用の短期許容引張応力度 (N/mm²)
 α : せん断スパン比 $M / (Q \cdot d)$ による割増係数
 M : 降下火砕物等堆積時の最大曲げモーメント (N・mm)
 Q : 降下火砕物等堆積時の最大せん断力 (N)

3.4.2 耐震壁

原子炉格納容器、原子炉周辺建屋、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋について、建屋の質点系モデルを用いて、設計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、本評価では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。

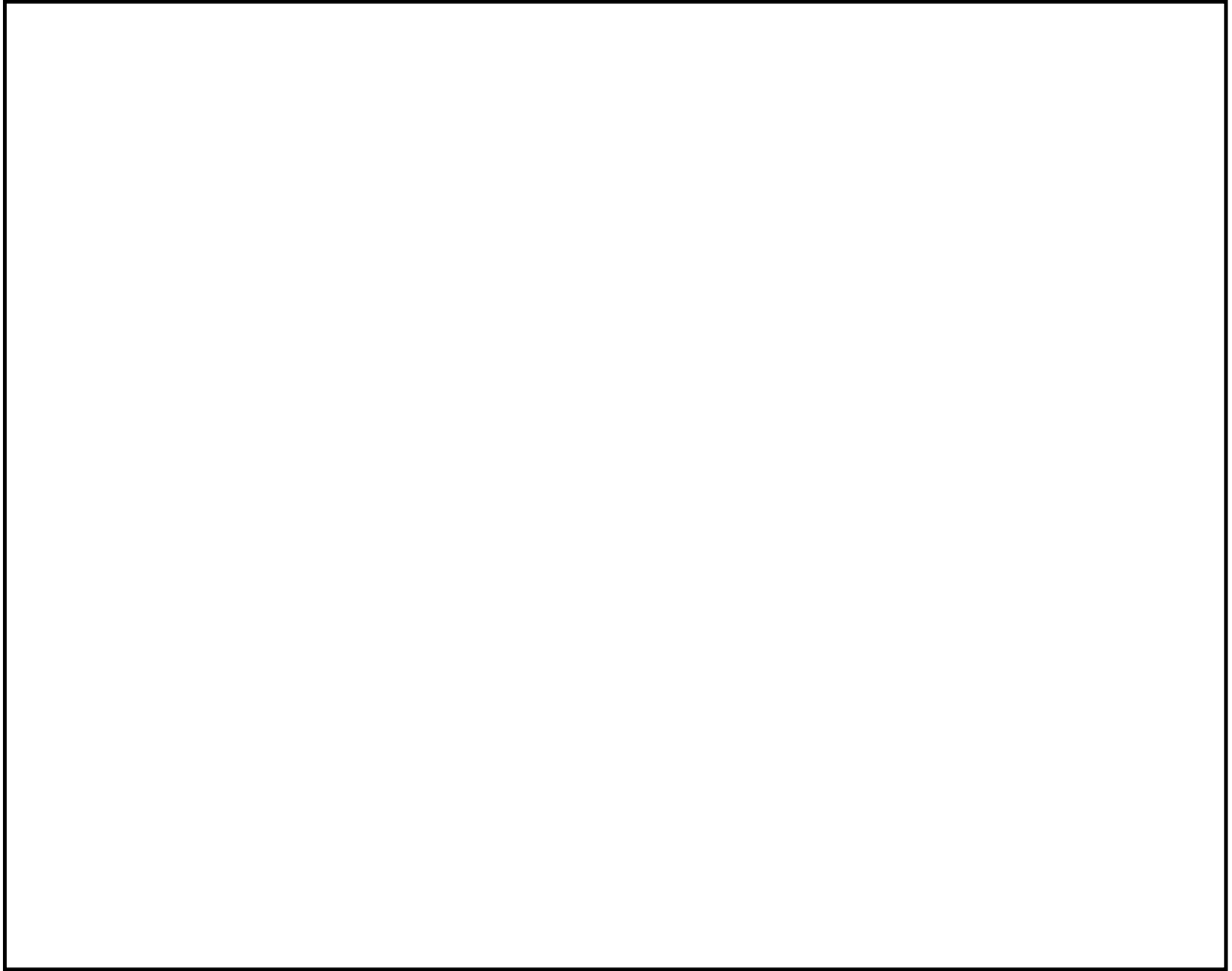
原子炉格納容器、原子炉周辺建屋の質点系モデル図は、原子炉格納施設として第3-19図に、制御建屋、廃棄物処理建屋及び緊急時対策所建屋の質点系モデル図は、それぞれ第3-20図～第3-22図に示す。質点系モデルの詳細は、それぞれ平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された大飯発電所第3号機工事計画の資料13-17-7-2「原子炉格納施設の地震応答解析」、資料13-16-5「制御建屋の地震応答解析」及び資料13-18-2-1「廃棄物処理建屋の耐震計算書」並びに令和2年5月14日付け原規規発第2005141号にて認可された大飯発電所第3号機的设计及び工事の計画の資料10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」による。なお、評価条件及び評価方法については、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14別添2-3「建屋の強度計算書」及び令和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号機的设计及び工事の計画の資料11別添2-2「建屋の強度計算書」と同一である。

3.4.3 鉄骨架構

原子炉周辺建屋について、建屋の質点系モデルを用いて、設計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。

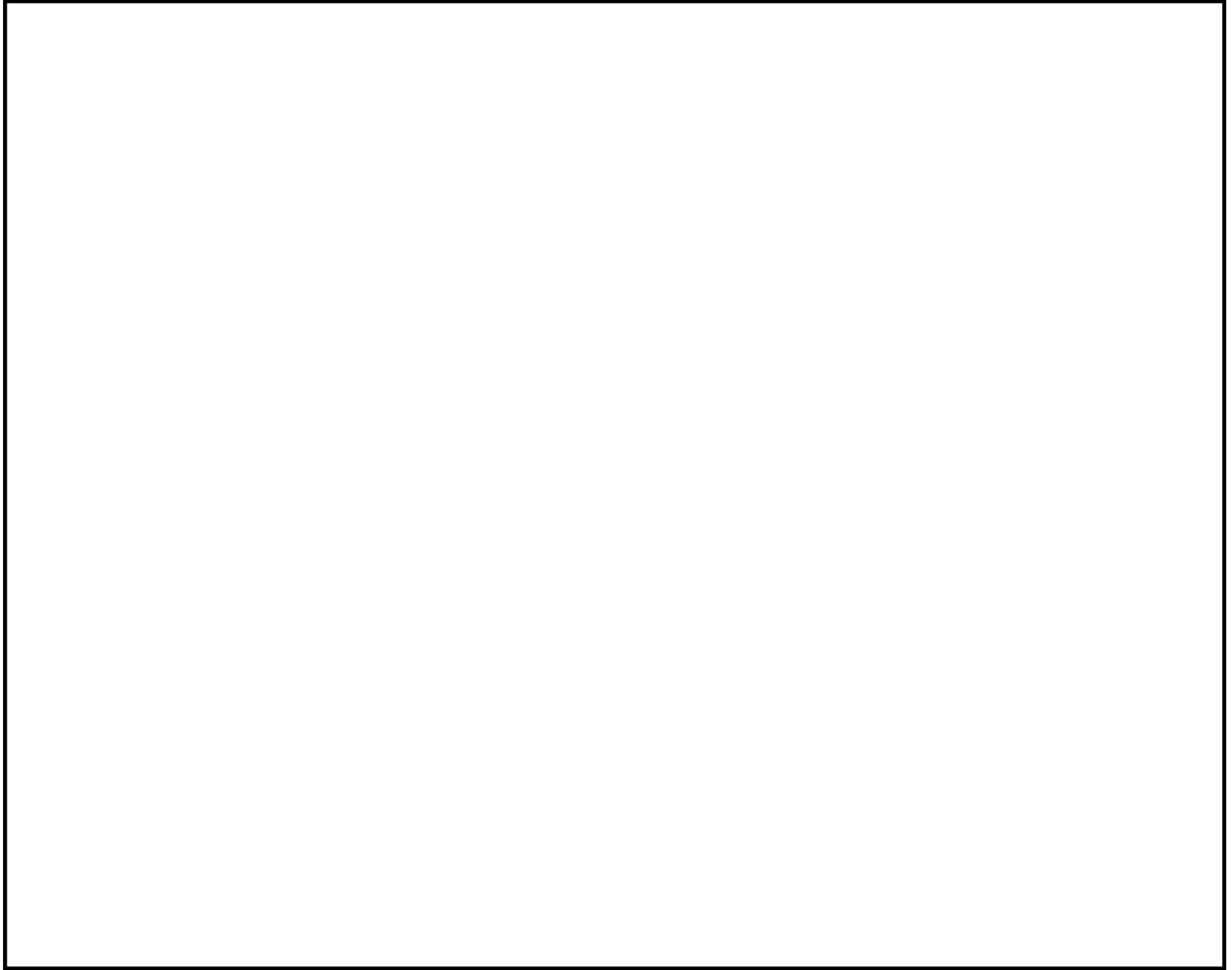
質点系モデルは「3.4.2 耐震壁」で用いるモデルと同一とする。なお、降下火砕物堆積による軸力を考慮すると各質点系モデルの復元力特性に差異が見込まれるが、評価結果に有意な差はないことから、本評価では降下火砕物堆積による鉛直荷重を考慮しない。

なお、評価条件及び評価方法については、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14別添2-3「建屋の強度計算書」と同一である。



(a) NS 方向

第 3-19 図 原子炉格納施設の質点系モデル図 (1/2)

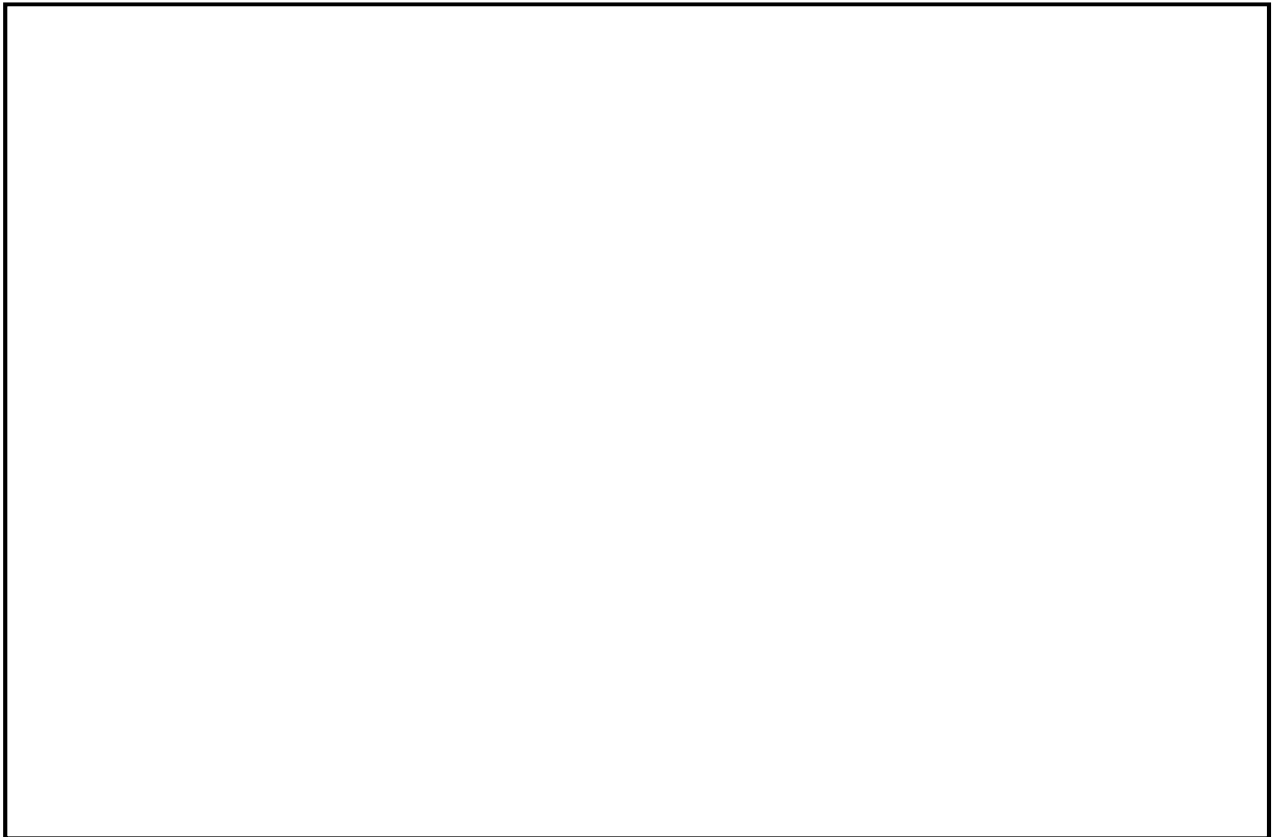


(b) EW 方向

第 3-19 図 原子炉格納施設の質点系モデル図 (2/2)



第3-20図 制御建屋の質点系モデル図



第3-21図 廃棄物処理建屋の質点系モデル図



第 3-22 図 緊急時対策所建屋の質点系モデル図

4. 強度評価結果

4.1 屋根

降下火砕物等堆積時の屋根の強度評価結果を第4-1表に示す。

第4-1表より、降下火砕物等堆積による鉛直荷重を考慮した際に各部材に発生する応力等が評価基準値を超えないことを確認した。

第4-1表 屋根の評価結果

		検討項目		解析結果	評価基準値	検定比
原子炉 格納容器	ドーム	等価膜力+ 曲げモーメント	コンクリート応力度 [N/mm ²]	8.81	29.4	0.300
			鉄筋応力度 [N/mm ²]	118	390	0.303
		面内せん断力	面内せん断応力度 [N/mm ²]	1.16	5.59	0.208
		面外せん断力	面外せん断応力度 [N/mm ²]	0.145	1.30	0.112
原子炉 周辺建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	580	635	0.913
		面外せん断力	せん断力[kN/m]	28.2	97.2	0.290
	S梁	曲げモーメント	曲げ応力度 [N/mm ²]	153	235	0.651
		せん断力	せん断応力度 [N/mm ²]	23.8	135	0.176
制御 建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	540	1,435	0.376
		面外せん断力	せん断力[kN/m]	32.6	127	0.257
	S梁	曲げモーメント	曲げ応力度 [N/mm ²]	174	235	0.740
		せん断力	せん断応力度 [N/mm ²]	37.6	135	0.279
廃棄物 処理建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	557	1,685	0.331
		面外せん断力	せん断力[kN/m]	63.1	357	0.177
	RC梁	曲げモーメント	鉄筋量[mm ²] [※]	4,000	6,352	0.630
		面外せん断力	せん断力[kN]	787	1,790	0.440
緊急時 対策所建屋	屋根 スラブ	曲げモーメント	鉄筋量[mm ² /m] [※]	281	3,210	0.0875
		面外せん断力	せん断力[kN/m]	133	1,730	0.0769
	RC梁	曲げモーメント	鉄筋量[mm ²] [※]	2,050	6,352	0.323
		面外せん断力	せん断力[kN]	661	3,020	0.219

※：鉄筋量については、解析結果に必要な鉄筋量、評価基準値に配筋量を示す。

4.2 耐震壁

降下火砕物等堆積時の耐震壁の強度評価結果を第4-2表～第4-6表に示す。第4-2表～第4-6表より、耐震壁に発生するせん断ひずみが、評価基準値を超えないことを確認した。

第4-2表 耐震壁の評価結果（原子炉格納容器）
（NS方向、EW方向共通）

部材 番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
10	[Redacted]	0.0001	0.2649	0.000378
9		0.0003	0.2361	0.00127
8		0.0009	0.2106	0.00427
7		0.0013	0.1911	0.00680
6		0.0018	0.3374	0.00533
5		0.0024	0.3442	0.00697
4		0.0026	0.3483	0.00746
3		0.0026	0.3506	0.00742
2		0.0026	0.3525	0.00738
1		0.0026	0.3545	0.00733

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-3表 耐震壁の評価結果（原子炉周辺建屋）

(1) NS方向 (N→S)

部材番号※	高さ E.L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
33		0.0004	0.1804	0.00222
28		0.0014	0.1866	0.00750
27		0.0016	0.2016	0.00794

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS方向 (S→N)

部材番号※	高さ E.L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
33		0.0009	0.1804	0.00499
28		0.0013	0.1866	0.00697
27		0.0015	0.2016	0.00744

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW方向 (E→W)

部材番号※	高さ E.L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
33		0.0021	0.1804	0.0116
28		0.0012	0.1866	0.00643
27		0.0015	0.2016	0.00744

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(4) EW方向 (W→E)

部材番号※	高さ E.L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
33		0.0021	0.1804	0.0116
28		0.0012	0.1866	0.00643
27		0.0016	0.2016	0.00794

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-4表 耐震壁の評価結果（制御建屋）

(1) NS 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
5		0.0012	0.1810	0.00663
4		0.0014	0.1920	0.00729
3		0.0016	0.2020	0.00792
2		0.0016	0.2080	0.00769
1		0.0019	0.2160	0.00880

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-20図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

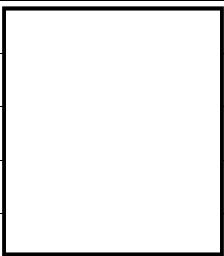
(2) EW 方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
5		0.0010	0.1810	0.00552
4		0.0012	0.1920	0.00625
3		0.0017	0.2020	0.00842
2		0.0017	0.2080	0.00817
1		0.0020	0.2160	0.00926

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-20図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

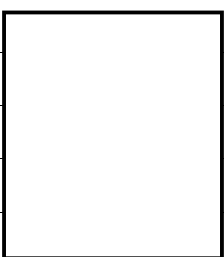
第4-5表 耐震壁の評価結果（廃棄物処理建屋）

(1) NS方向 (N→S)

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
8		0.0025	0.1860	0.0134
7		0.0059	0.1860	0.0317
6		0.0018	0.1940	0.00928
5		0.0023	0.2090	0.0110
4		0.0024	0.2150	0.0112

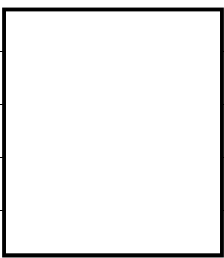
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS方向 (S→N)

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
8		0.0025	0.1860	0.0134
7		0.0059	0.1860	0.0317
6		0.0018	0.1940	0.00928
5		0.0023	0.2090	0.0110
4		0.0024	0.2150	0.0112

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW方向

部材番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
8		0.0069	0.1860	0.0371
7		0.0015	0.1860	0.00806
6		0.0016	0.1940	0.00825
5		0.0020	0.2090	0.00957
4		0.0022	0.2150	0.0102

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-21図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

第4-6表 耐震壁の評価結果（緊急時対策所建屋）

(1) NS 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
①		0.000281	0.176	0.00160
②		0.000375	0.181	0.00207

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-22図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) EW 方向

部材 番号※	高さ E. L. (m)	せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	評価基準値 ($\times 10^{-3}$)	検定比
①		0.000360	0.176	0.00205
②		0.000470	0.181	0.00260

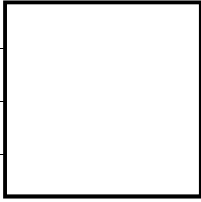
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-22図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

4.3 鉄骨架構

降下火砕物等堆積時の鉄骨架構の強度評価結果を第4-7表に示す。第4-7表より、鉄骨架構に発生する層間変形角が、評価基準値を超えないことを確認した。

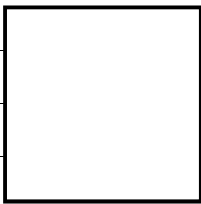
第4-7表 鉄骨架構の評価結果（原子炉周辺建屋）

(1) NS 方向 (N→S)

部材番号※	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
30(S)		1/ 1658	1/200	0.121
32(S)		1/ 5045		0.0396
29(S)		1/ 1274		0.157
31(S)		1/ 6233		0.0321

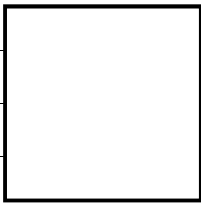
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(2) NS 方向 (S→N)

部材番号※	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
30(S)		1/ 1658	1/200	0.121
32(S)		1/ 5802		0.0345
29(S)		1/ 1686		0.119
31(S)		1/ 3123		0.0640

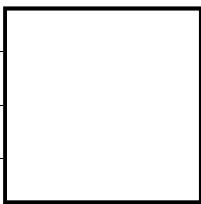
※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(3) EW 方向 (E→W)

部材番号※	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
30(S)		1/ 5606	1/200	0.0357
32(S)		1/ 3656		0.0547
29(S)		1/ 2930		0.0683
31(S)		1/ 3725		0.0537

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。

(4) EW 方向 (W→E)

部材番号※	高さ E. L. (m)	層間変形角	評価基準値	検定比
30(S)		1/ 5606	1/200	0.0357
32(S)		1/ 2873		0.0696
29(S)		1/ 3877		0.0516
31(S)		1/ 1865		0.107

※：「3.4.2 耐震壁」の第3-19図に示す質点系モデルの部材番号を示す。