

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-013-6 改1
提出年月日	2020年6月11日

V-3-別添 1-4-3 竜巻防護鉄筋コンクリート製フードの強度計算書

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

V-3-別添 1-4-3 竜巻防護鉄筋コンクリート製フードの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格	7
3. 強度評価方法	8
3.1 記号の定義	8
3.2 評価対象部位	9
3.3 荷重及び荷重の組合せ	11
3.4 許容限界	13
3.5 評価方法	15
3.5.1 貫通評価	15
3.5.2 裏面剥離評価	15
3.5.3 変形評価	16
4. 評価条件	25
4.1 貫通評価	25
4.2 裏面剥離評価	25
4.3 変形評価	26
5. 強度評価結果	27
5.1 貫通評価	27
5.2 裏面剥離評価	28
5.3 変形評価	29

1. 概要

本資料は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」のとおり、防護対策施設のうち、竜巻防護鉄筋コンクリート製フード（以下「コンクリ製フード」という。）が、設計竜巻による設計飛来物の衝突に対し、竜巻時及び竜巻通過後においても、外部事象防護対象施設に設計飛来物を衝突させず、また、機械的な波及的影響を与えず、外部事象防護対策施設の安全機能を考慮して、コンクリ製フードを構成する壁及びスラブ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

V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」を踏まえ、「2.1 位置」、「2.2 構造概要」、「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

コンクリ製フードは、コントロール建屋に設置する。コンクリ製フードの設置位置を図2-1に示す。なお、「2.2 構造概要」に示すコンクリ製フードの構造を踏まえ、柱、梁で囲まれる壁の面積が大きく、評価上最も厳しくなる1階北西側コンクリ製フードにて代表して評価を行う。

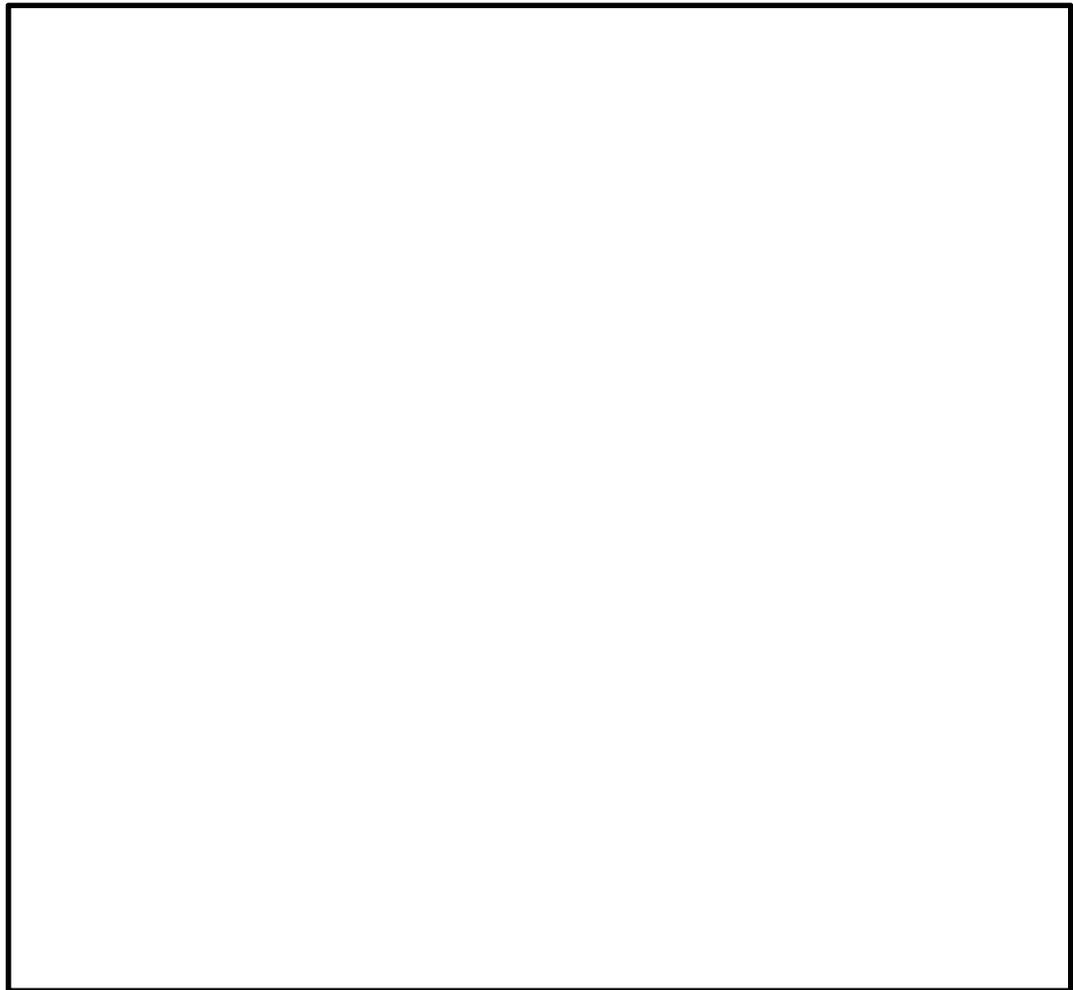


図 2-1 (1/2) コンクリ製フードの位置図

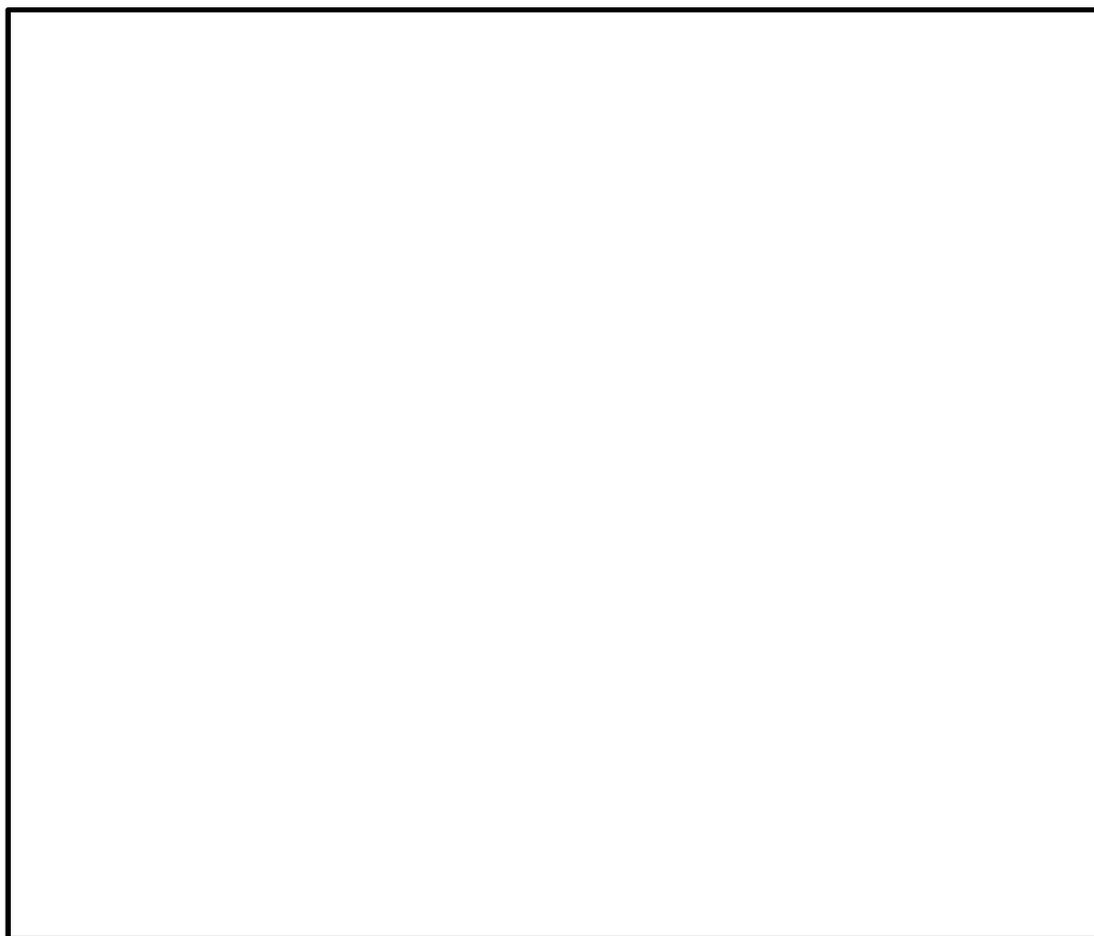


図 2-1 (2/2) コンクリ製フードの位置図

2.2 構造概要

コンクリ製フードの構造は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「3.3 竜巻防護鉄筋コンクリート製フードの構造設計」に示す構造計画とする。

コンクリ製フードは、鉄筋コンクリート製構造物であり、壁、スラブ、柱及び梁で構成される。

コンクリ製フードの構造図を図 2-2 に示す。

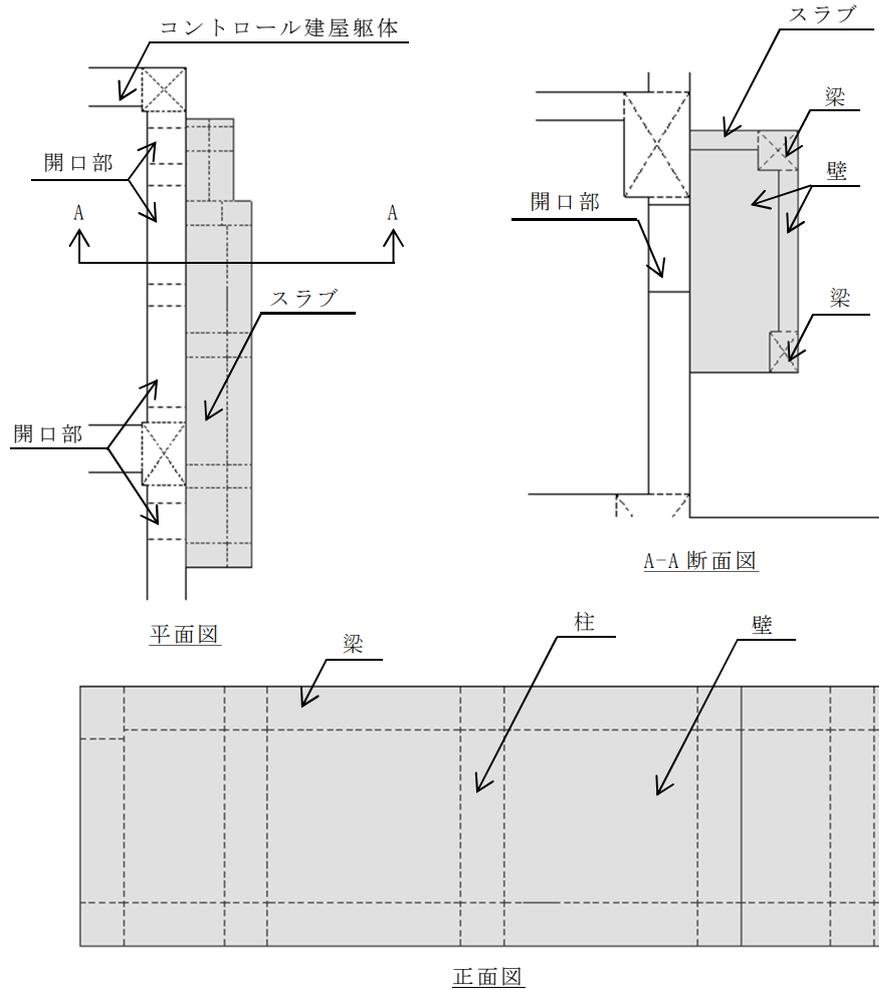


図 2-2 コンクリ製フードの構造図

2.3 評価方針

コンクリ製フードの強度評価は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「2.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「5. 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、コンクリ製フードの評価対象部位に生じるひずみが、許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

コンクリ製フードの評価フローを図 2-3 に示す。

コンクリ製フードの強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻荷重と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、評価対象部位を設定する。

具体的には、設計飛来物が外部事象防護対象施設に衝突する直接的な影響の評価として、防護対策施設の外殻を構成する部材に対する衝突評価及び防護対策施設自体が外部事象防護対象施設に衝突・接触する波及的な影響の評価として防護対策施設の外殻を構成する部位の転倒及び脱落に対する構造強度評価を行う。

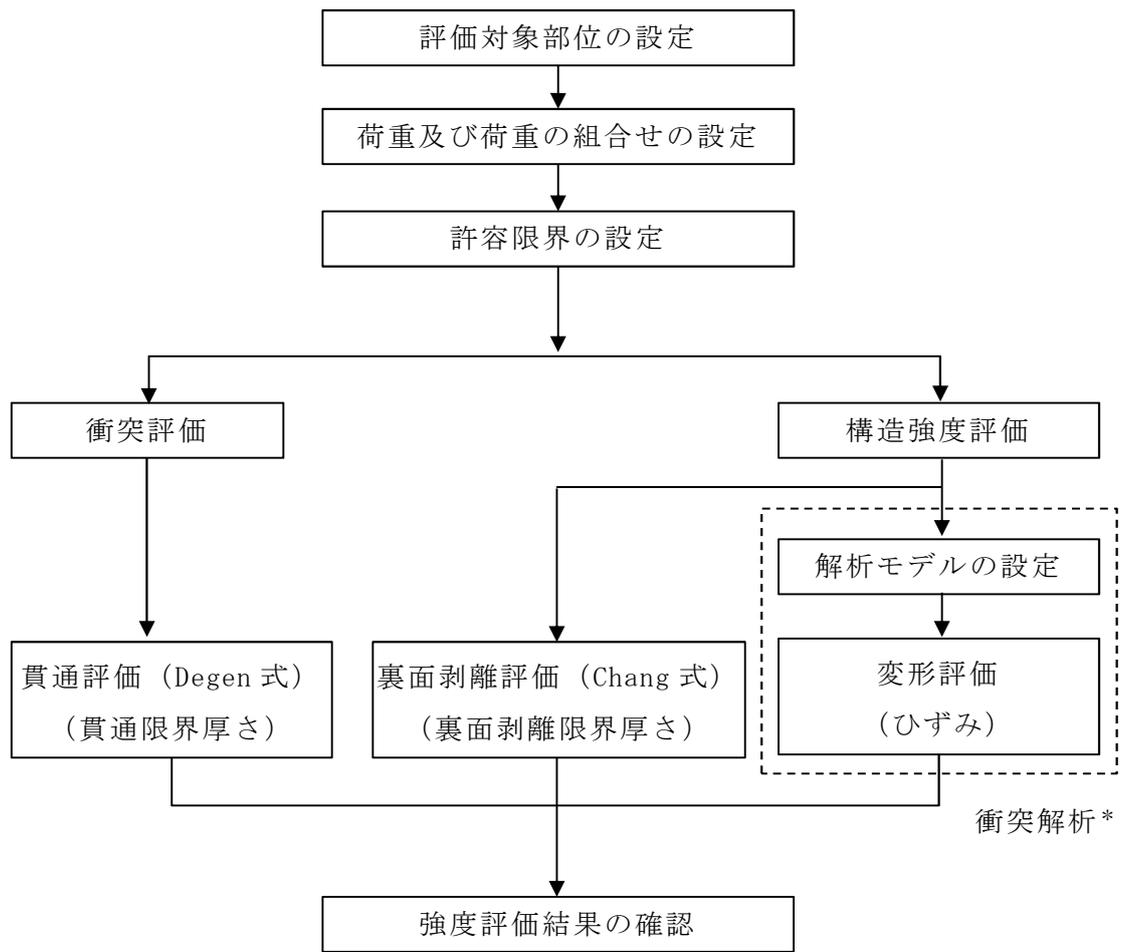
(1) 衝突評価

設計荷重に対し、設計飛来物が施設の外殻を構成する部材を貫通しない設計とするために、コンクリ製フードの壁とスラブが設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。（以下、「貫通評価」という。）評価には、「NEI07-13：Methodology for Performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs」（以下「NEI07-13」という。）及び「タービンミサイル評価について（昭和 52 年 7 月 20 日原子炉安全専門審査会）」で用いられている式を準用し、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「6. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。

(2) 構造強度評価

設計荷重に対し、施設の外殻を構成する部材自体の転倒及び脱落を生じない設計とするために、コンクリ製フードの壁とスラブが裏面剥離によるコンクリート片の飛散が生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。（以下、「裏面剥離評価」という。）評価には、NEI07-13 にて示されている式を準用し、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「6. 強度評価方法」に示す評価式を用いる。

また、壁とスラブの鉄筋に終局状態に至るようなひずみが生じないことを解析により確認する。（以下「変形評価」という。）



注記*：衝突解析については、解析コード「ABAQUS」により、壁、スラブ及び鉄筋を3次元FEMモデルによりモデル化し評価を実施する。

図 2-3 コンクリ製フードの評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，規準等を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984」日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」日本電気協会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」日本電気協会
- ・ISE7607-3「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」（昭和51年10月高温構造安全技術研究組合）
- ・U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, Revision1, March 2007
- ・Methodology for performing Aircraft Impact Assessments for New Plant Designs (Nuclear Energy Institute 2011 Rev8(NEI07-13))
- ・「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－」（日本建築学会，2005改定）
- ・「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会，2010改定）
- ・日本工業規格（J I S）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

Degen 式による貫通限界厚さの算定に用いる記号を表 3-1 に、Chang 式による裏面剥離限界厚さの算定に用いる記号を表 3-2 に示す。

表 3-1 Degen 式による貫通限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義	
D	kgf/cm ³	設計飛来物直径密度 ($D = W / d^3$)	
d	cm	設計飛来物直径	
e	cm	貫通限界厚さ	
F _c	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度	
N	—	設計飛来物の形状係数	
V	m/s	壁面	設計飛来物の衝突速度 (水平)
		スラブ	設計飛来物の衝突速度 (鉛直)
W	kgf	設計飛来物重量	
X	cm	貫入深さ	
α _e	—	低減係数	

表 3-2 Chang 式による裏面剥離限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義	
d	cm	設計飛来物直径	
f _c '	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度	
S	cm	裏面剥離限界厚さ	
V	m/s	壁面	設計飛来物の衝突速度 (水平)
		スラブ	設計飛来物の衝突速度 (鉛直)
V ₀	m/s	飛来物基準速度	
W	kgf	設計飛来物重量	
α _s	—	低減係数	

3.2 評価対象部位

コンクリ製フードの評価対象部位は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「5.3 竜巻防護鉄筋コンクリート製フードの許容限界」に示す評価対象部位を踏まえ、設定する。

(1) 貫通評価

設計荷重に対し、設計飛来物が施設の外殻を構成する部材を貫通しない設計とするために、コンクリ製フードの壁とスラブが設計飛来物の貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

施設の外殻を構成する部材が設計飛来物を貫通させないことの確認においては、施設の外殻を構成するコンクリ製フードの壁とスラブのうち、最も厚みが薄い箇所を評価対象部位として設定する。

(2) 裏面剥離評価

設計荷重に対し、施設の外殻を構成する部材自体が、脱落により竜巻より防護すべき施設に波及的影響を与えない設計とするために、コンクリ製フードの壁とスラブが裏面剥離によるコンクリート片の飛散が生じない最小厚さ以上であることを計算により確認する。

施設の外殻を構成する部材が設計飛来物により裏面剥離を生じないことの確認においては、施設の外殻を構成するコンクリ製フードの壁とスラブのうち、最も厚みが薄い箇所を評価対象部位として設定する。

(3) 変形評価

設計荷重に対し、施設の外殻を構成する部材自体が、転倒及び脱落により外部事象防護対象施設へ接触等の影響を与えない設計とするために、施設の外殻を構成するコンクリ製フードの壁とスラブの鉄筋に終局状態に至るようなひずみが生じないことを解析により確認する。

設計飛来物の衝突を考慮する場合、被衝突物の寸法が大きいほどたわみ量が大きくなる傾向にある。したがって、変形評価としては、評価対象となる壁、スラブの部材長さ（支持スパン）が長く、厚みが薄い箇所を踏まえ選定する。

評価対象部位を図 3-1 に示す。

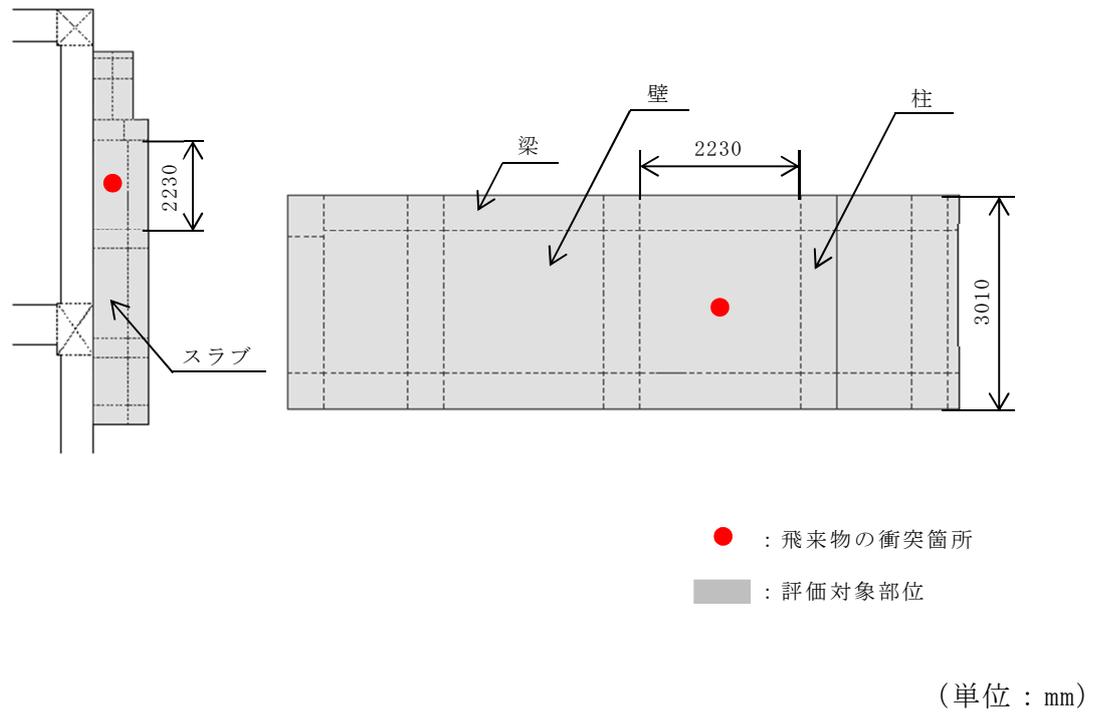


図 3-1 コンクリ製フードの評価位置図

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「2.3 荷重及び荷重の組合せ」を踏まえて設定する。

(1) 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は以下の荷重を用いる。

a. 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) については、表 3-3 に諸元を示す設計飛来物の衝突に伴う荷重とする。また、設計飛来物の材料定数を表 3-4 に示す。

貫通評価，裏面剥離評価，変形評価の各評価において，衝突断面積あたりの運動エネルギーが最大となるよう設計飛来物を設定することを考慮し，壁に対して鋼製足場板，スラブに対して足場パイプを設定し，各設計飛来物の衝撃荷重を考慮する。また，評価対象部位に設計飛来物が衝突した際に跳ね返らず，貫入する物として評価する。

b. 風圧力による荷重 (W_w)

風圧力による荷重は、「建築基準法施行令」及び「建築物荷重指針・同解説」（日本建築学会）に準拠して，次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

$$\text{ここで, } q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_D^2$$

q : 設計用速度圧 (N/m^2)

G : ガスト影響係数

C : 風力係数（施設の形状や風圧力が作用する部位
（屋根，壁等）に応じて設定する。）

A : 施設の受圧面積 (m^2)

ρ : 空気密度 (kg/m^3)

V_D : 設計竜巻の風速 (m/s)

表 3-3 飛来物の諸元

飛来物	サイズ 長さ×幅×奥行き (m)	質量 (kg)	最大 水平速度 (m/s)	最大 鉛直速度 (m/s)	運動 エネルギー (水平) (kJ)	運動 エネルギー (鉛直) (kJ)
鋼製足場板	4×0.25×0.04	14	55	18	21	3
足場パイプ	4×0.05×0.05	11	42	38	10	8

表 3-4 飛来物の材料定数

飛来物	降伏応力 σ_y (MPa)	ヤング係数 E (MPa)	ポアソン比
鋼製足場板	245	201667	0.3
足場パイプ	355	201667	0.3

c. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重 (F_d) は、部材の自重とする。

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せについては、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「2.3 荷重及び荷重の組合せ」のとおり、設計飛来物による衝撃荷重、風圧力による荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

評価内容	飛来物による 衝撃荷重 (W_M)	風圧力による 荷重 (W_W)	常時 作用する荷重 (F_d)	荷重の組合せ
貫通評価	○	—	—	W_M
裏面剥離評価	○	—	—	W_M
変形評価	○	○	○	$W_M + W_W + F_d$

3.4 許容限界

コンクリ製フードの許容限界は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「5. 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位の機能損傷モードを考慮して設定する。

(1) 評価対象部位の材料定数

コンクリ製フードの評価対象部位である壁、スラブのコンクリート、鉄筋の材料定数を表 3-6、表 3-7 に示す。

表 3-6 コンクリートの材料定数

設計基準強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (MPa)	ポアソン比	単位体積 重量 (kN/m ³)
32.3	28800	0.2	23.5

表 3-7 鉄筋の材料定数

種類	降伏応力 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	単位体積 重量 (kN/m ³)
SD345	345	205000	77

(3) 許容限界

a. 貫通評価，裏面剥離評価

壁，スラブの貫通評価，裏面剥離評価の許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 評価対象部位の許容限界（貫通評価，裏面剥離評価）

評価対象部位		飛来物	設計基準強度 (N/mm ²)	厚さ (mm)
コンクリート	壁	鋼製足場板	32.3	250
	スラブ	足場パイプ	32.3	250

b. 変形評価

飛来物が壁，スラブへ直接衝突する場合の変形評価における許容限界は，鉄筋の破断ひずみを基本として設定する。破断ひずみについては，V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「5.3(2) 構造強度評価」に示すとおり，JIS に規定されている伸びの下限値を基に設定するが，NEI07-13 においてTF（多軸性係数）を とすることが推奨されていることを踏まえ，安全余裕としてTF = を考慮して設定する。

設定した許容限界を表 3-9 に示す。

表 3-9 評価対象部位の許容限界（変形評価）

評価対象部位		飛来物	材質	破断ひずみ ($\times 10^{-6}$)
鉄筋	壁	鋼製足場板	SD345	<input type="text"/>
	スラブ	足場パイプ	SD345	<input type="text"/>

3.5 評価方法

コンクリ製フードの強度評価は、V-3-別添 1-2「防護対策施設の強度計算の方針」の「4. 防護対策施設の構成要素の評価方針」を踏まえて、衝突評価として貫通評価、裏面剥離評価を実施する。また、構造強度評価として変形評価を実施する。

3.5.1 貫通評価

飛来物が外部事象防護対象施設に衝突する場合の貫通限界厚さを、NEI07-13に示されている Degen 式を用いて算定する。Degen 式における貫入深さは、「タービンミサイル評価について（昭和 52 年 7 月 20 日原子炉安全専門審査会）」で用いられている修正 NDRC 式を用いて算定する。

Degen 式を以下に示す。

1.52 ≤ X / d ≤ 13.42 の場合

$$e = \alpha_e \cdot \{0.69 + 1.29 (X / d)\} \cdot d$$

X / d ≤ 1.52 の場合

$$e = \alpha_e \cdot \{2.2 (X / d) - 0.3 (X / d)^2\} \cdot d$$

修正 NDRC 式を以下に示す。

X / d ≤ 2.0 の場合

$$X / d = 2 \left\{ \left(12145 / \sqrt{F_c} \right) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V / 1000)^{1.8} \right\}^{0.5}$$

X / d ≥ 2.0 の場合

$$X / d = \left(12145 / \sqrt{F_c} \right) \cdot N \cdot d^{0.2} \cdot D \cdot (V / 1000)^{1.8} + 1$$

3.5.2 裏面剥離評価

飛来物が外部事象防護対象施設に衝突場合の裏面剥離限界厚さを、NEI07-13に示されている Chang 式を用いて算定する。

Chang 式を以下に示す。

$$S = 1.84 \cdot \alpha_s \cdot \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0.13} \cdot \frac{\left(\frac{W \cdot V^2}{0.0980} \right)^{0.4}}{d^{0.2} \cdot f_c^{0.4}}$$

3.5.3 変形評価

変形評価に用いる評価対象部位に生じるひずみは，解析モデル及び材料の非線形特性を用いた衝突解析により評価する。

(1) 解析モデル及び諸元

a. コンクリ製フード

コンクリ製フードの解析モデル化の範囲は，想定する荷重の伝達を考慮し，コンクリ製フードを構成するコンクリート及び鉄筋とする。コンクリートはソリッド要素でモデル化し，鉄筋はトラス要素でモデル化の上，コンクリートと固着とする。コンクリ製フードの解析モデルの境界条件を表 3-10 に，解析モデル図を図 3-2 に示す。

表 3-10 解析モデルの境界条件

項目		境界条件
コンクリ製フード	建屋躯体との 接続部	X, Y, Z 方向並進拘束及び X, Z 軸周り回転拘束
	その他	X, Y, Z 方向並進拘束及び X, Y, Z 軸周り回転拘束

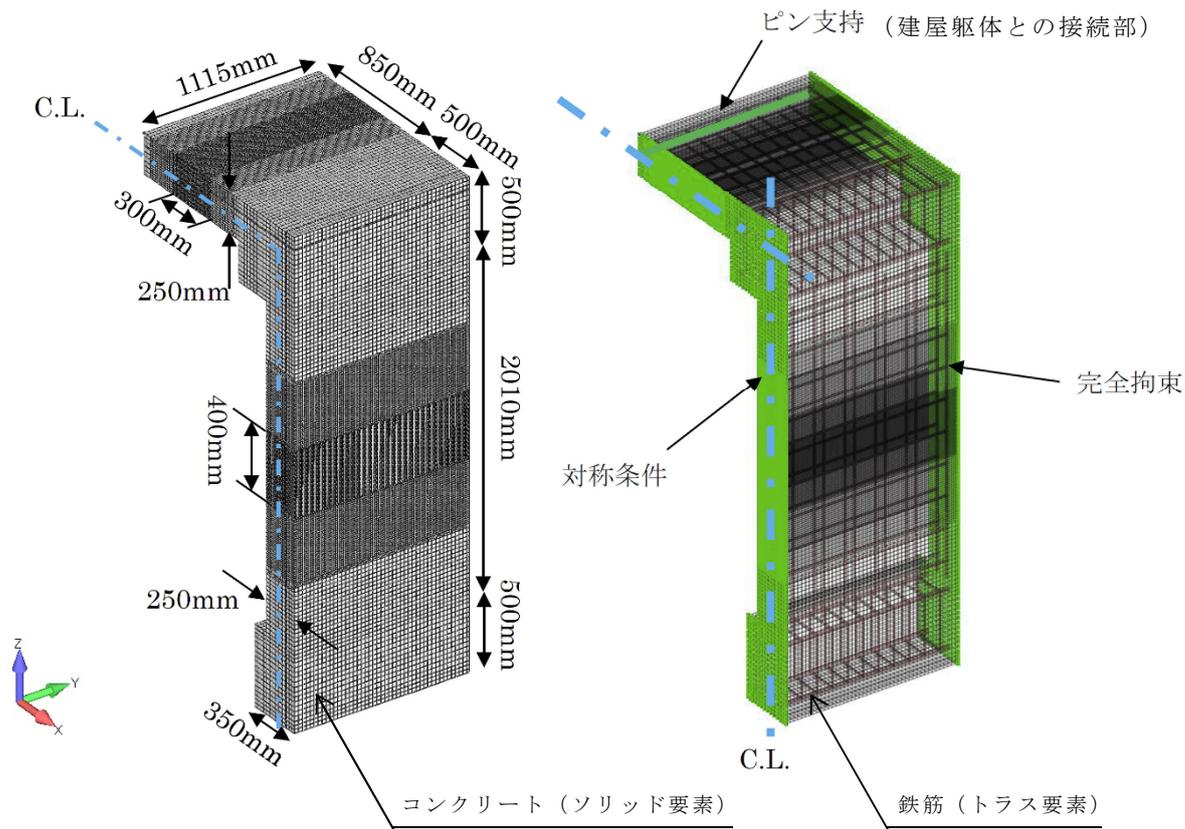
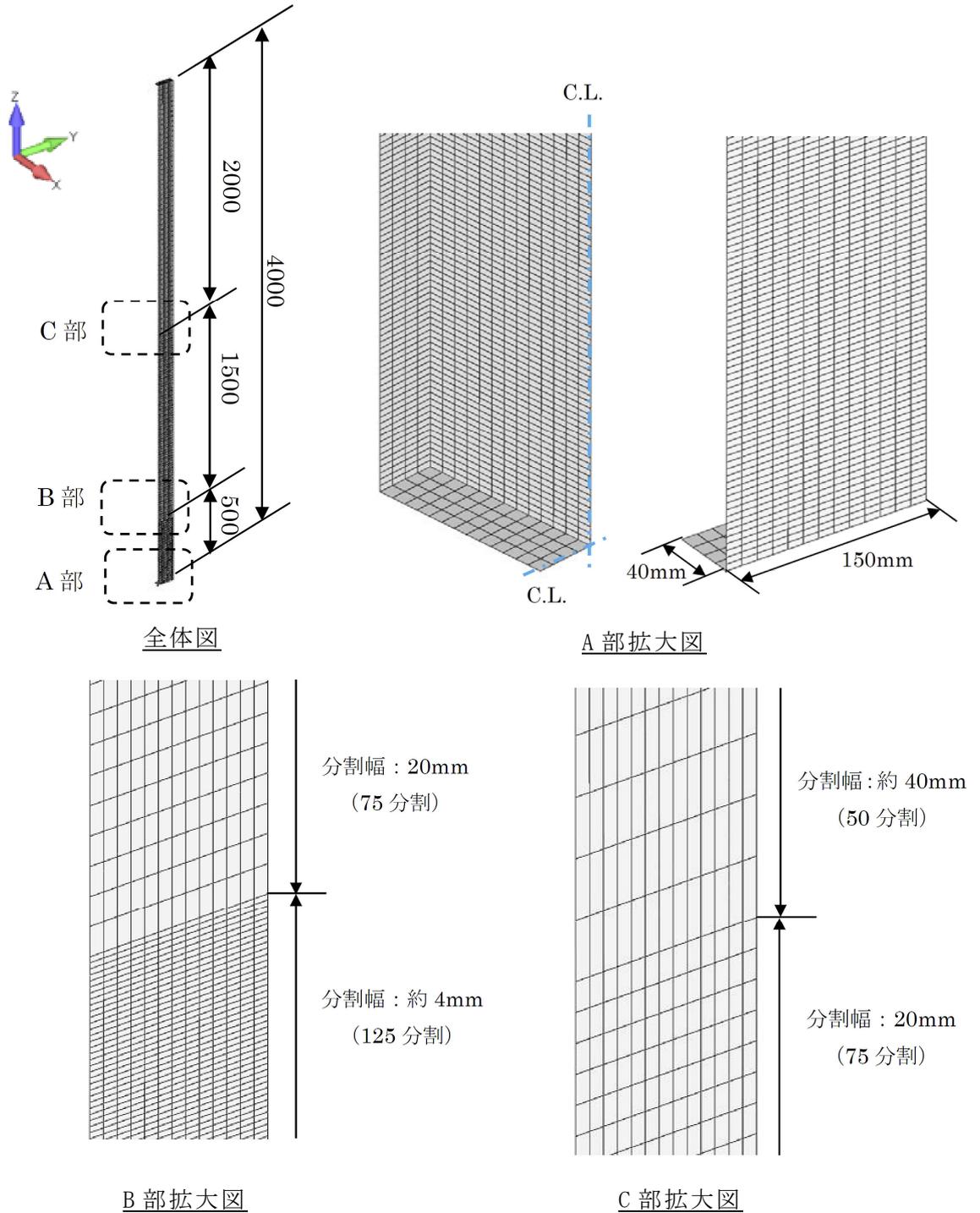


図 3-2 コンクリ製フードの解析モデル図

b. 飛来物

飛来物である鋼製足場板及び足場パイプは、シェル要素でモデル化し、要素サイズ 10mm を基本とし分割する。衝突面から近い部分の要素サイズを細かくし、衝突面から離れた部分の要素サイズを順次粗くする。

飛来物の解析モデル図を図 3-3、図 3-4 に示す。



(単位：mm)

図 3-3 飛来物の解析モデル図 (鋼製足場板 1/2 モデル)

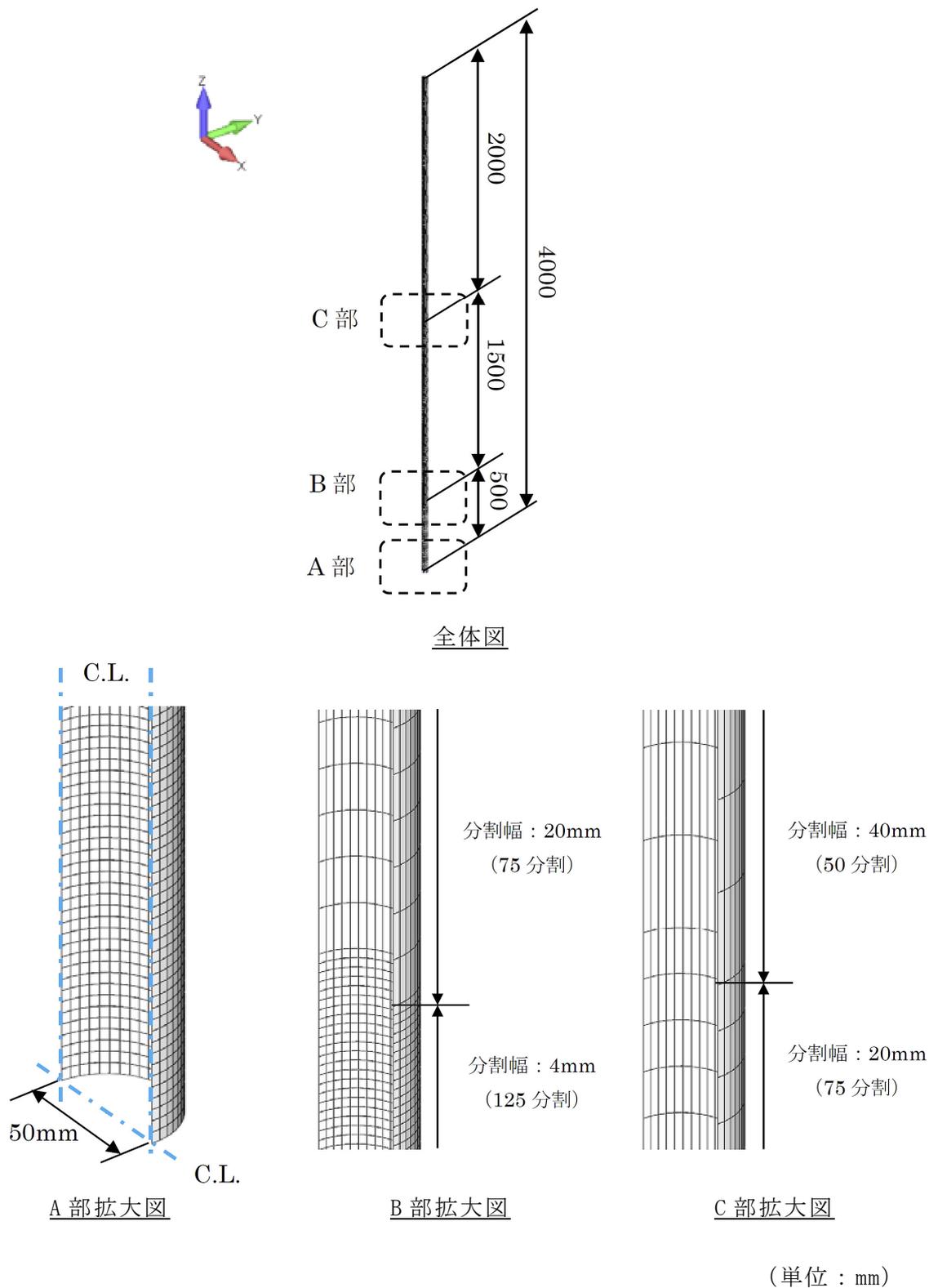


図 3-4 飛来物の解析モデル図 (足場パイプ 1/2 モデル)

(2) 解析コード

衝突解析には、解析コード「ABAQUS」を用いる。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。

(3) 使用材料

コンクリ製フードに使用するコンクリートと鉄筋の仕様及び材料定数については、「3.4(1) 評価対象部位の材料定数」に示すとおり設定する。

(4) 材料の非線形特性

コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側が圧縮強度に到達後もその応力を保持するバイリニア型とし、引張側は主応力が引張強度に到達後に引張主応力と直行方向にひび割れが生じるものとして、ひずみに応じて保持応力を低下させる引張軟化特性を与える。圧縮強度は、NEI07-13に従い、設計基準強度に対して動的増加率 を乗じた値とする。

鋼製部材である鉄筋及び設計飛来物の応力-ひずみ関係は、第1折れ点を「降伏応力-降伏ひずみ」、第2折れ点を「破断相当応力-破断相当ひずみ」とするトリリニア型とする。鉄筋、飛来物の降伏応力は、降伏応力に動的増加率を乗じた値、破断相当応力は、動的増加率を乗じた降伏応力及び引張強さを結ぶ線のうち、規格値の伸びを「3.4 許容限界」にて示したTF（多軸性係数）で除したひずみ（破断相当ひずみ）時に相当する応力とする。鉄筋の動的増加率は、NEI07-13に基づく値（降伏応力： 引張強度：）とする。鋼製部材の破断ひずみは、JISに規定されている伸びの下限値を基に設定する。また、NEI07-13においてTF（多軸性係数）をとすることが推奨されていることを踏まえ、鉄筋の破断相当ひずみは $TF = \text{$ とする。なお、飛来物の破断相当ひずみは、飛来物が破断することなく継続的に荷重が掛かるように配慮し、 $TF = \text{$ とする。

コンクリート、鉄筋及び飛来物の強度をそれぞれ表3-11及び表3-12に示す。

表 3-11 コンクリートの圧縮及び引張強度

設計基準強度 (N/mm ²)	材料モデル	
	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
32.3		

表 3-12 鉄筋，飛来物の降伏及び破断強度

種別	材質	規格値（公称応力）		材料モデル（真応力，真ひずみ）		
		降伏応力 (N/mm ²)	破断応力 (N/mm ²)	降伏応力 (N/mm ²)	破断 相当応力 (N/mm ²)	破断相当 塑性ひずみ (-)
鉄筋	SD345					
鋼製足場板	SS400					
足場パイプ	STK500					

コンクリート，鉄筋及び飛来物の応力-ひずみ関係をそれぞれ図 3-4～図 3-6 に示す。

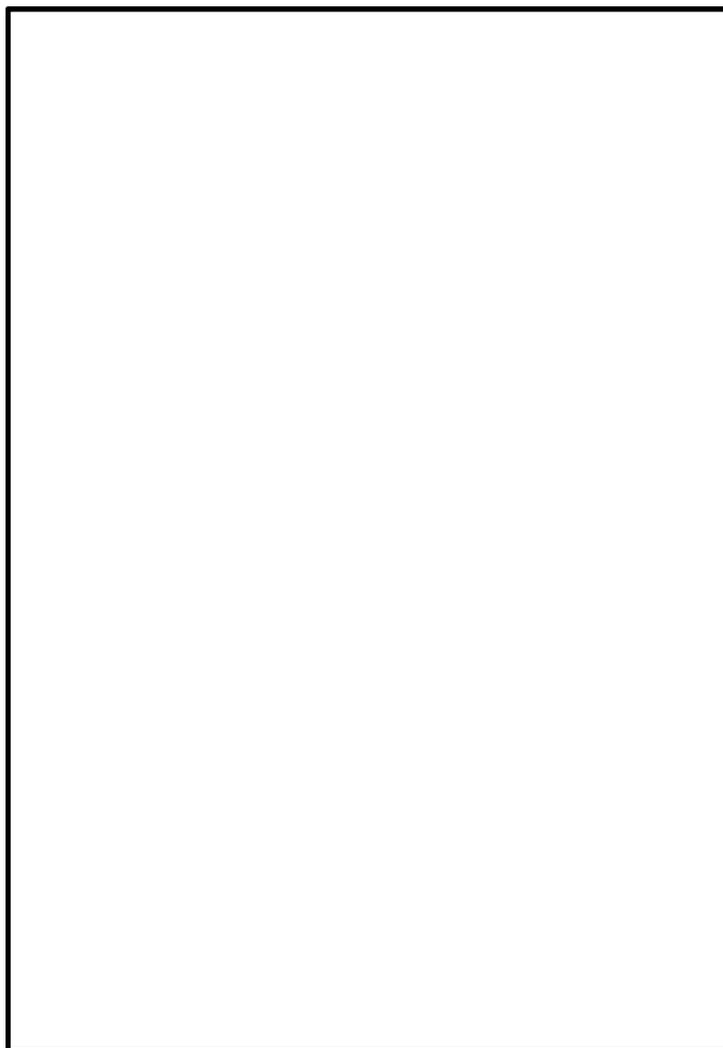


図 3-4 応力-ひずみ関係 (コンクリート)

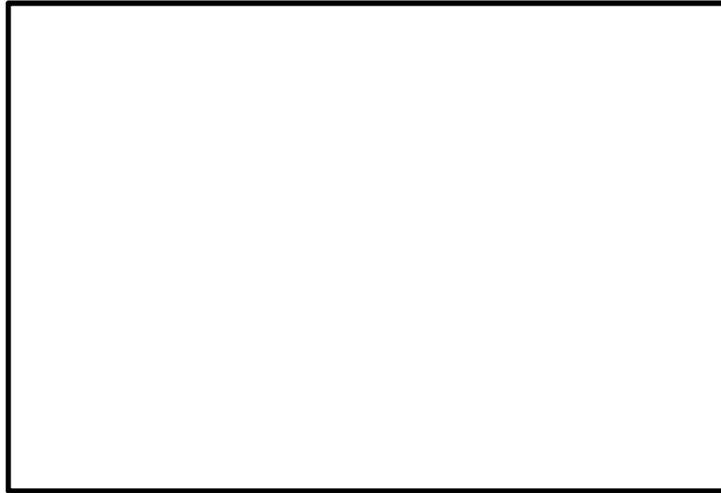


図 3-5 応力-ひずみ関係 (鉄筋)



図 3-6 応力-ひずみ関係 (飛来物)

(6) ひずみ速度効果

竜巻による飛来物に対する解析は、衝撃問題で変形速度が大きいため、ひずみ速度効果を考慮することとし、以下に示す Cowper-Symonds の式を適用する。

$$\sigma_D = \sigma_S \cdot \left(1 + \left(\frac{\dot{\epsilon}}{C} \right)^{\frac{1}{P}} \right)$$

ここで、 σ_D は動的応力、 σ_S は静的応力、 $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度、 C 及び P はひずみ速度依存性パラメータを表す。

ひずみ速度依存性パラメータを表 3-11 に示す。

表 3-11 ひずみ速度依存性パラメータ

	鋼製足場板	足場パイプ
材料	SS400	STK500
C (s ⁻¹)		
P		

4. 評価条件

4.1 貫通評価

貫通評価において、壁とスラブの貫通評価式に用いる条件を表 4-1 に示す。

表 4-1 貫通評価に用いる入力値

記号	単位	定義		数値
D	kgf/cm ³	設計飛来物直径密度 ($D = W / d^3$)		鋼製足場板 : 9.75×10^{-3} 足場パイプ : 8.80×10^{-2}
d	cm	設計飛来物直径		鋼製足場板 : 11.28 足場パイプ : 5.00
F _c	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度		330
N	—	設計飛来物の形状係数		鋼製足場板 : 1.14 足場パイプ : 1.14
V	m/s	壁面	設計飛来物の衝突速度 (水平)	55
		スラブ	設計飛来物の衝突速度 (鉛直)	38
W	kgf	設計飛来物重量		鋼製足場板 : 14 足場パイプ : 11
α _e	—	低減係数		1.0

4.2 裏面剥離評価

裏面剥離評価において、壁とスラブの裏面剥離評価式に用いる条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 裏面剥離評価に用いる入力値

記号	単位	定義		数値
d	cm	設計飛来物直径		鋼製足場板 : 11.28 足場パイプ : 5.00
f _c '	kgf/cm ²	コンクリートの設計基準強度		330
V	m/s	壁面	設計飛来物の衝突速度 (水平)	55
		スラブ	設計飛来物の衝突速度 (鉛直)	38
V ₀	m/s	飛来物基準速度		鋼製足場板 : 60.96 足場パイプ : 60.96
W	kgf	設計飛来物重量		鋼製足場板 : 14 足場パイプ : 11
α _s	—	低減係数		1.0

4.3 変形評価

コンクリ製フードの変形評価は、壁、スラブの最大変形が生じると想定される評価対象の中央部に衝突するケースを設定する。

解析ケースを表 4-3 及び図 4-1, 図 4-2 に示す。

表 4-3 解析ケース（衝突箇所の変形評価）

評価対象	飛来物	衝突箇所	飛来物の衝突方向	対象部材
壁	鋼製足場板	中央部	水平	コンクリート（厚さ 250mm） 鉄筋（D13@200）
スラブ	足場パイプ	中央部	鉛直	

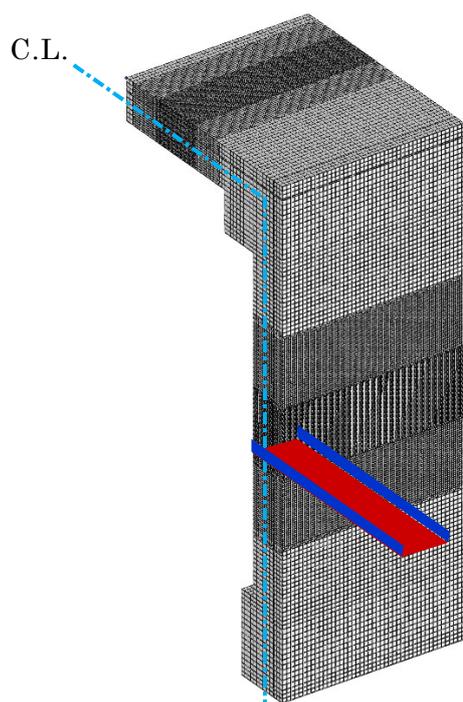


図 4-1 解析ケース（壁）

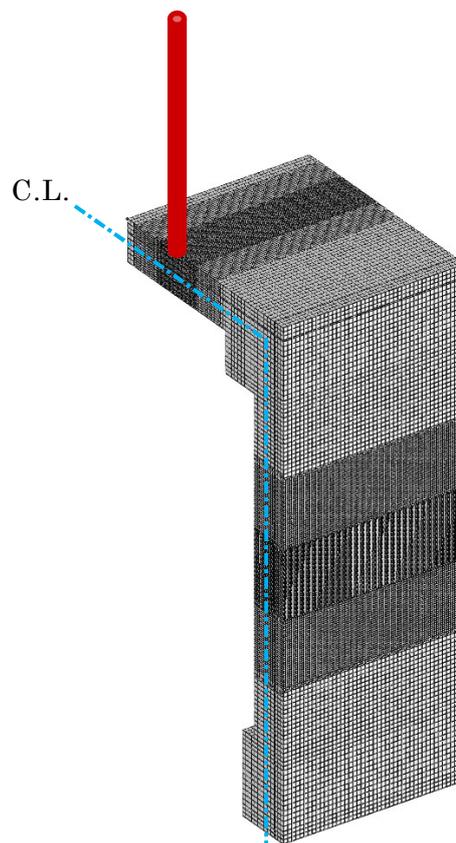


図 4-2 解析ケース（スラブ）

5. 強度評価結果

5.1 貫通評価

竜巻発生時のコンクリ製フードの壁，スラブの貫通限界厚さを表 5-1 に示す。

表 5-1 貫通限界厚さ

評価対象部位		貫通限界厚さ (cm)
コンクリ製フード	壁	12
	スラブ	10

コンクリ製フードの貫通評価結果として，部材厚さと貫通限界厚さの比較を表 5-2 に示す。

コンクリ製フードの部材厚さは貫通限界厚さを上回っており，貫通しないことを確認した。

表 5-2 コンクリ製フードの部材厚さと貫通限界厚さの比較

評価対象部位		部材厚さ (cm)	貫通限界厚さ (cm)
コンクリ製フード	壁	25	12
	スラブ	25	10

5.2 裏面剥離評価

竜巻発生時のコンクリ製フードの壁，スラブの裏面剥離限界厚さを表 5-3 に示す。

表 5-3 裏面剥離限界厚さ

評価対象部位		裏面剥離限界厚さ (cm)
コンクリ製フード	壁	21
	スラブ	17

コンクリ製フードの裏面剥離評価結果として，部材厚さと裏面剥離限界厚さの比較を表 5-4 に示す。

コンクリ製フードの部材厚さは裏面剥離限界厚さを上回っており，裏面剥離しないことを確認した。

表 5-4 コンクリ製フードの部材厚さと裏面剥離限界厚さの比較

評価対象部位		部材厚さ (cm)	裏面剥離限界厚さ (cm)
コンクリ製フード	壁	25	21
	スラブ	25	17

5.3 変形評価

コンクリ製フードの評価対象部位の鉄筋に生じるひずみと許容限界の比較を表 5-5 に示す。また、ひずみ分布図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

コンクリ製フードに生じるひずみが許容限界を超えないことを確認した。

表 5-5 衝突解析結果

評価項目	評価対象部位	評価結果	許容限界
ひずみ	壁	242	
	スラブ	114	

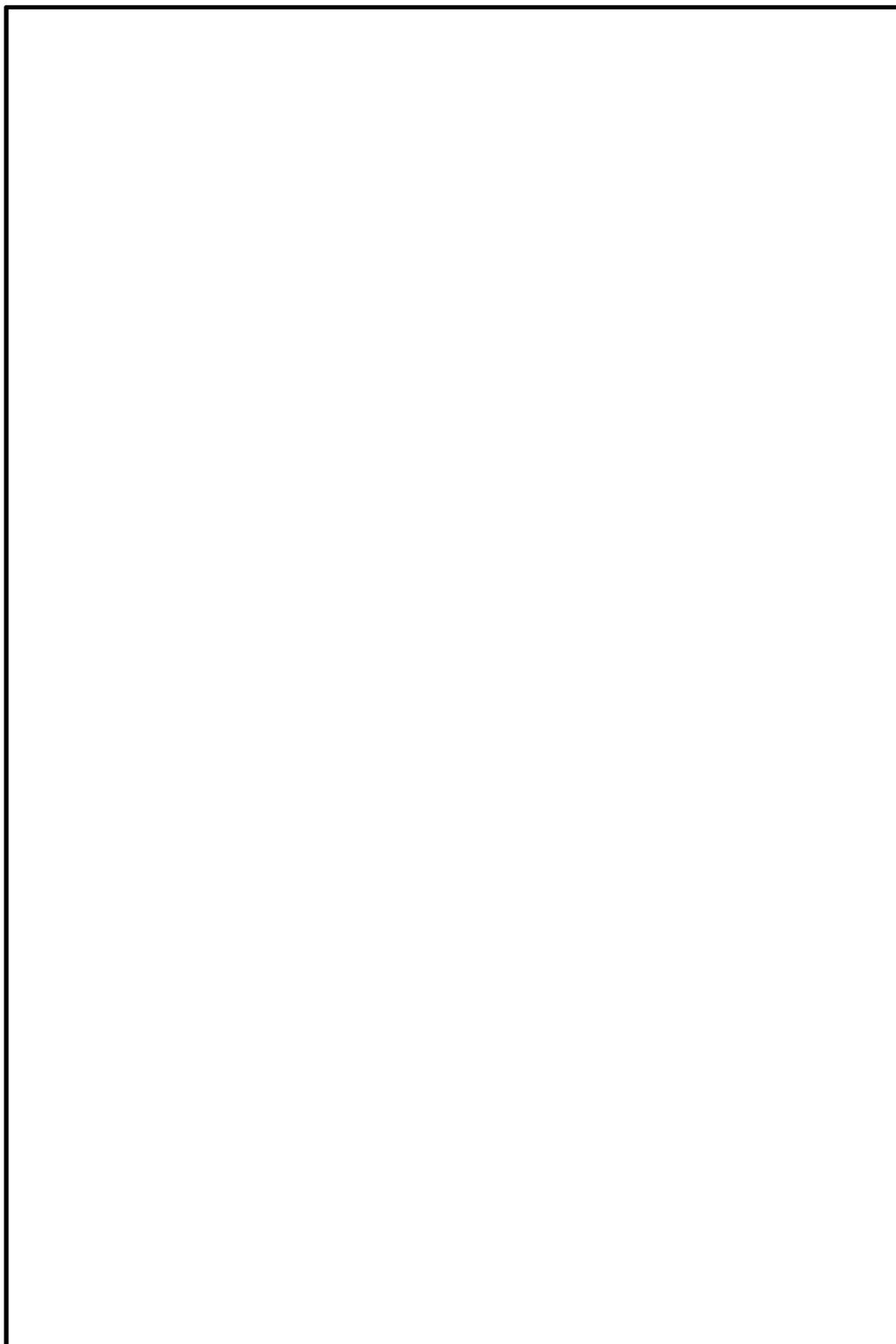


図 5-1 鉄筋のひずみ分布図（壁）

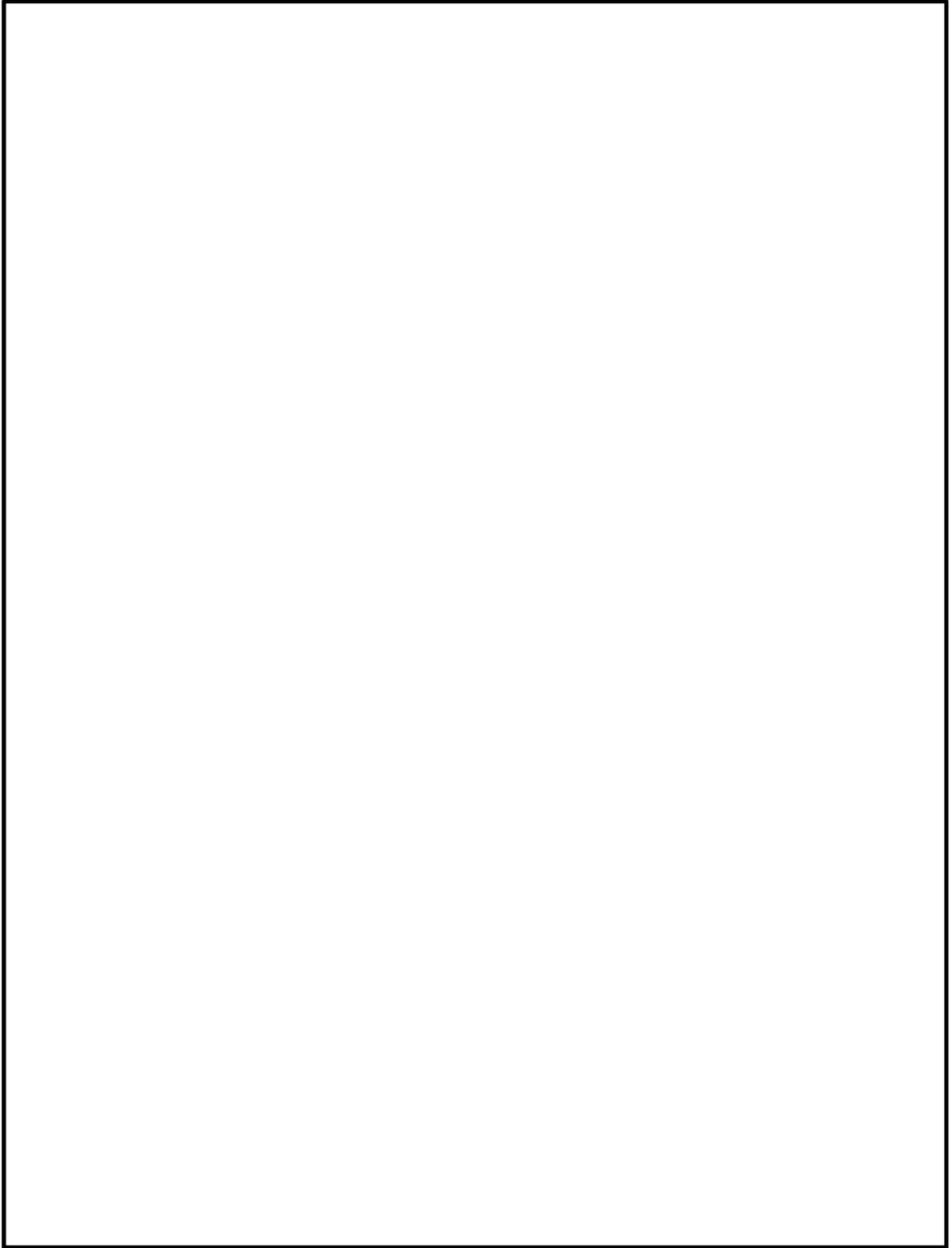


図 5-2 鉄筋のひずみ分布図 (スラブ)