

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の

竜巻対策工事(開口部の閉止措置)について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)において示した計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の建家内の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う施設の損傷を防止するため、建家開口部 [REDACTED] を防護板等により閉止措置を行う。
- 設置する防護板等については、設計飛来物が貫通しない板厚を有すること、設計飛来物が衝突した場合でも既設設備に影響を及ぼすような変形を生じないことを確認したことから、評価結果及び工事の概要について示す。

令和3年4月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟ガラス固化技術開発棟の 竜巻防護対策（開口部の閉止措置）の概要

1. 概要

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和2年9月25日認可）の添付資料6-1-4-4-5「設計飛来物に対する竜巻防護対策（開口部の閉止措置）の概要」において示した計画に従い、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家内の閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能を担う施設（以下「防護対象施設」という。）のうち、一部施設は窓等の開口部に近接しており、設計飛来物の衝突等による防護対象施設の機能喪失を防止するため、開口部 [REDACTED] を閉止措置を行う（表-1、図-1,2 参照）※。

※ 添付資料6-1-4-4-5に示した計画の内、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の竜巻防護対策（開口部の閉止措置）に係る設計及び工事の計画については、令和2年10月30日に申請済み（令和3年1月14日認可）である。

2. 設計条件

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の窓、扉及びガラリを閉止する防護板、防護フード及び防護扉（以下「防護板等」という。）の設計条件は以下のとおり。

- 設計飛来物の衝突により貫通しないこと。
- 廃止措置計画用設計竜巻の組合せ荷重に対して破断に至るひずみを生じないこと。
- 防護対象施設に干渉する変形が生じないこと。
- 耐食性のあるステンレス鋼板等で構成すること。
- 蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないこと。

廃止措置計画用設計竜巻（以下「設計竜巻」という。）と廃止措置計画用設計地震動（以下「設計地震動」という。）の重畳については、発生頻度の観点から無視できることから、防護板等の落下等により閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能に波及的影響を及ぼすおそれがない防護板等は耐震Cクラス相当とする。

なお、外部火災等を起因としたばい煙や有毒ガスの発生に対するガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の制御室の換気対策（屋外との給排気のために扉に設置する接続パネルや仮設ダクト等）に使用する防護フード（2箇所）については設計用地震動に耐え得るよう設計する。

以下に防護板等の設計方針を示す。

(1) 防護板 (図-3 参照)

閉止板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、設計竜巻の荷重を支える構造とする。防護板は、閉止板と角型鋼管を溶接した構造とし、建家外壁 (既設の窓の外側) にあと施工アンカーボルトで固定する。

(2) 防護フード (図-4 参照)

給排気のため外気の取り入れ口を設ける必要のある開口部 (2 階の制御室の換気対策のための仮設の給排気口を設ける扉) の外側に設ける防護板は、下部が開放しているフード構造を採用する。保護板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、設計竜巻の荷重を支える構造とする。防護フードは、建家外壁 (ガラリーの外側) にあと施工アンカーボルトで固定する。

(3) 防護扉 (図-5 参照)

扉 (表面) の扉板の保護板をステンレス鋼板 (t=15 mm) で構成し、建家外壁にあと施工アンカーボルトで固定した扉枠に設置するヒンジで支持する構造とする。左右扉の合わせ部には鋼材を設置して設計竜巻の荷重を支える構造とする。

3. 評価項目及び結果

(1) 貫通評価 (BRL 式に基づく簡易評価)

防護板等の鋼材厚さを許容限界とし設計飛来物の貫通限界厚さを超えており貫通が生じない (表-2 参照)。

表-2 BRL 式に基づく貫通評価の結果

部位		評価結果 (mm)	許容限界 (mm)
防護板	閉止板	8.9	15
防護フード	閉止板	8.9	15
防護扉	閉止板	8.9	15

(2) 衝突解析評価

原子力施設における鋼製の竜巻防護設備に対する竜巻飛来物の衝突解析で許認可実績のある LS-DYNA を使用し、設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等の 3 次元 FEM 解析を実施した。解析結果の一例として防護板の解析モデルを図-5

に、解析結果を図-6に、防護フードの解析モデルを図-7に、解析結果を図-8に、防護扉の解析モデルを図-9に、解析結果を図-10に示す。

① ひずみ量

設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等の構成部材（厚さ方向の中立面）に生じる最大ひずみ量は、許容限界としたステンレス鋼材（SUS304）の破断ひずみを下回る（表-3参照）。

表-3 破断ひずみに対する評価結果

部位		最大ひずみ量 (-)	許容限界 (-)
防護板	閉止板	0.052	0.1673
防護フード	閉止板	0.084	0.1673
防護扉	閉止板	0.063	0.1673

② 変形量

設計竜巻の組合せ荷重を受けた防護板等に生じる変形量は、許容限界とした防護対象施設との離隔距離よりも下回る（表-4参照）。

表-4 変形評価の許容限界

部位		変形量 (mm)	許容限界 (mm)
防護板	閉止板	157	510
防護フード	閉止板	149	1745
防護扉	閉止板	135	1465

(3) 耐震評価

設計地震動による波及的影響の観点から、扉の2カ所の防護フード（図-1◇※1）について設計地震動に対する耐震評価を実施した。

防護フードの固有周期は0.05(秒)以下であったことから、地震動によって作用する荷重は設置階の床応答最大加速度を1.2倍した加速度を静的に与えた場合に生じる荷重とし、水平方向及び鉛直方向の応力を絶対和法により組み合わせた。評価部位は防護板を支持するために建家に固定している据付ボルトとした。据付ボルトの許容応力は「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1 2012」に準拠し、供用状態Dsにおける許容応力（引張に対して $1.5 \times (F/1.5)$ ）、せん断に対

して $1.5 \times (F / (1.5\sqrt{3}))$ ，ここで F は JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値) を用いた。

評価の結果，地震力によって防護フードの据付ボルトに発生する応力は許容応力よりも十分小さく，設計地震動に対して十分な耐震性を有している（表-5 参照）ことから，設計地震動が作用したとしてもこれらの防護フードが他の防護対象施設や事故対処の実施に波及的影響を与えることはない。

表-5 据付ボルトの応力評価結果

部位			発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
防護フード (図-1 ◇※1)	防護フードの 据付ボルト	引張	14	700
		せん断	16	404

4. 工事の方法

防護板等は，材料を入手後，工場にて加工を行った後，現地に搬入する。本工事をを行うに当たっては，閉止する窓部等の養生等を施し，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の閉じ込め機能が失われないようにした後，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟建家外壁にアンカーボルトを打設し，防護板等を取り付ける。

防護板等を据付けた後，所要の試験・検査を行い，最後に仮設足場の撤去を行う。これらの作業全般にわたり，高所作業等の所要の安全対策を行う。

本工事フローを図-12 に示す。

5. 工事の時期

本工事に際しては，ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の施設外壁付近に作業用足場を設置し，更にクレーン車等の工事車両が寄り付く作業エリアの確保が必要となる。

現在，高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 周辺の地盤改良工事を実施しており，また今後計画している津波防護柵に設置工事と作業エリアが干渉していることから，地盤改良工事等の進捗を踏まえて本工事を開始する。表-2 に工事工程を示す。

以上

表1 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の閉止措置等の対策箇所

開口部の位置	種類（現状）	基数	防護対策の概要
	窓（アクリル板 有）	4	防護フード
	扉（閉止板（盾式角落とし）有）	1	防護フード
	ガラリ	3	防護フード
	窓（鋼板（6 mm）有）	7	防護板
	扉（閉止板（盾式角落とし）有）	1	防護フード
	窓（鋼板（6 mm）有）	2	防護板
	扉（閉止板（盾式角落とし）有） *1	1	防護フード
	扉（閉止板（盾式角落とし）有）	1	防護フード
	窓	4	防護板
	扉	1	防護扉
	ガラリ	2	防護フード
	窓	7	防護板
	扉	1	防護扉
	ガラリ	2	防護フード
	扉	2	防護板
	ガラリ	1	防護フード

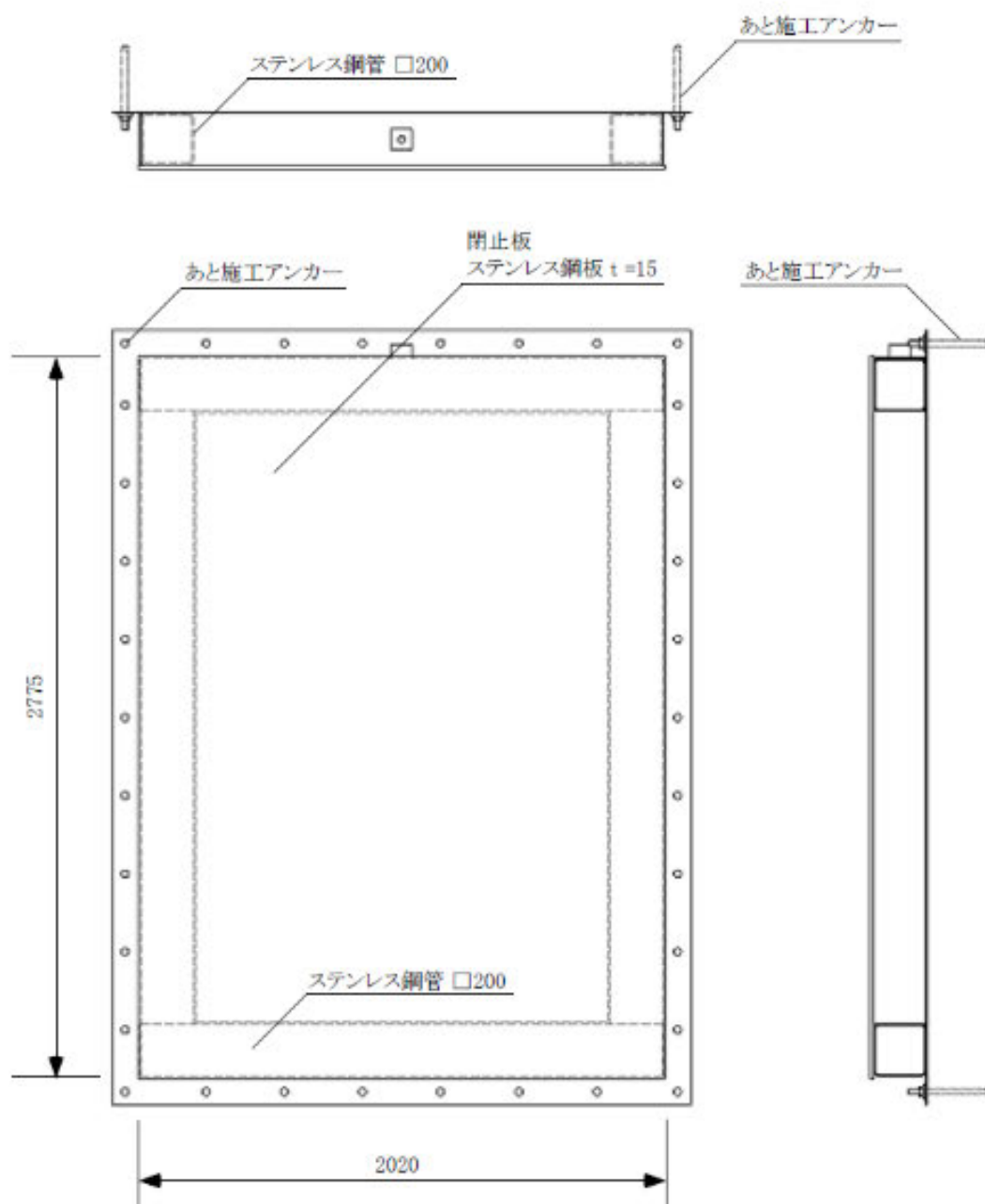
*1 設計飛来物が当該扉を貫通した場合、内側にある壁による防護に期待できなく、フィルタが損傷するおそれがあることから閉止措置を行う。



図-1 ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟 (2階) の開口部の位置



図-2 ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟（3階）の開口部の位置



材質	ステンレス鋼
寸法	W2020×H2775×D220×t15 (mm)
重量	1300 kg

図-3 窓に設ける防護板の概要図(代表例)

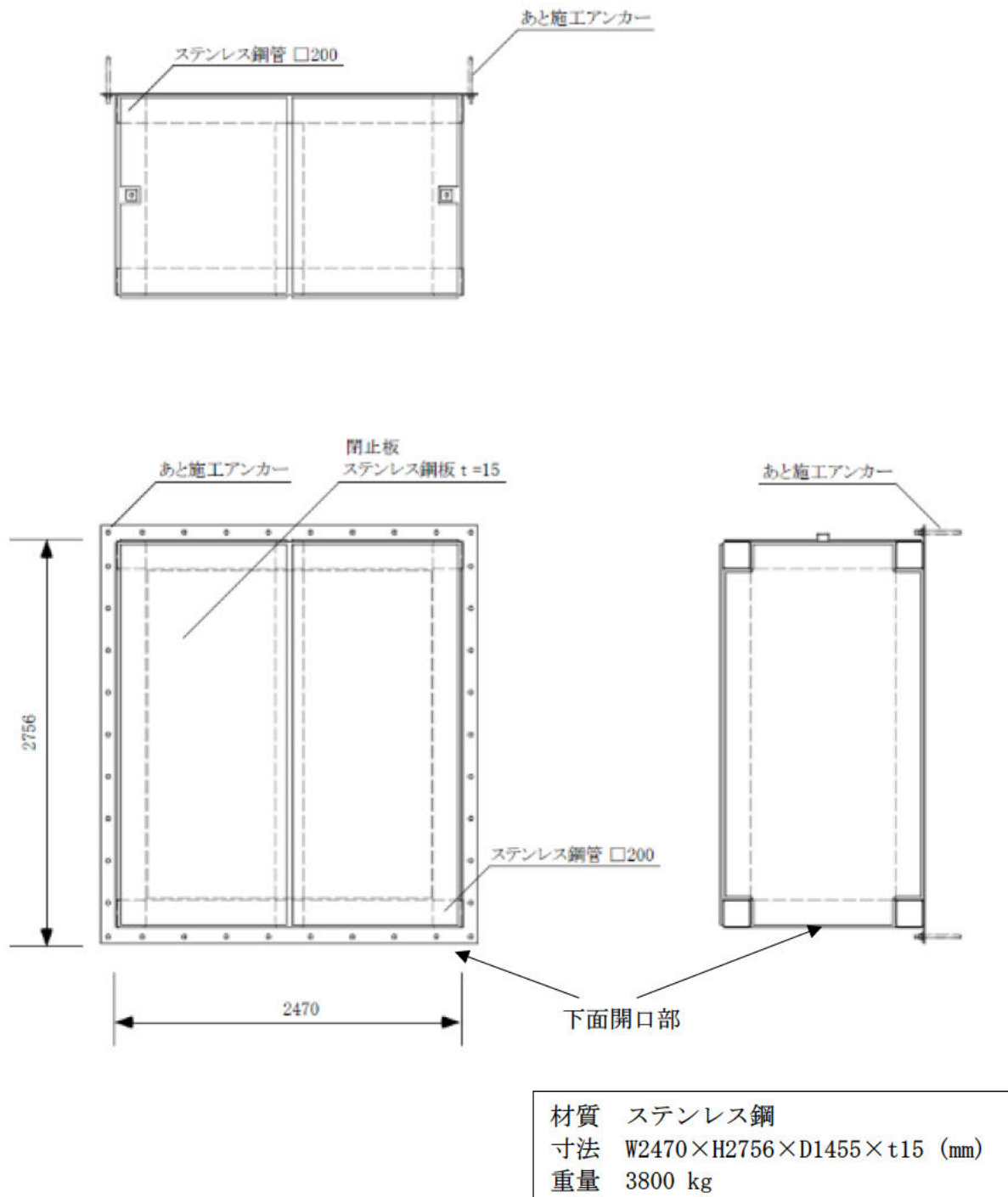
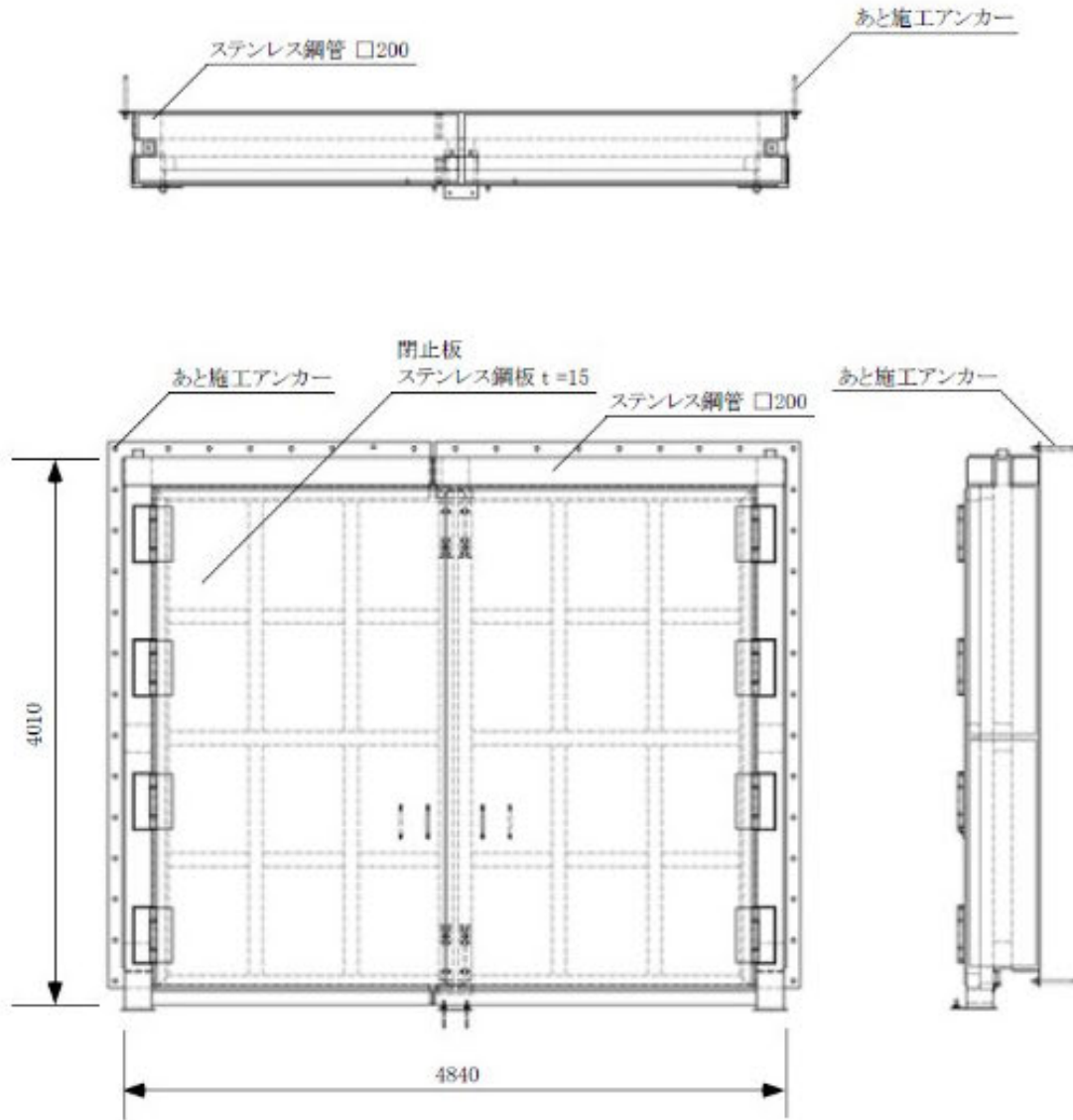


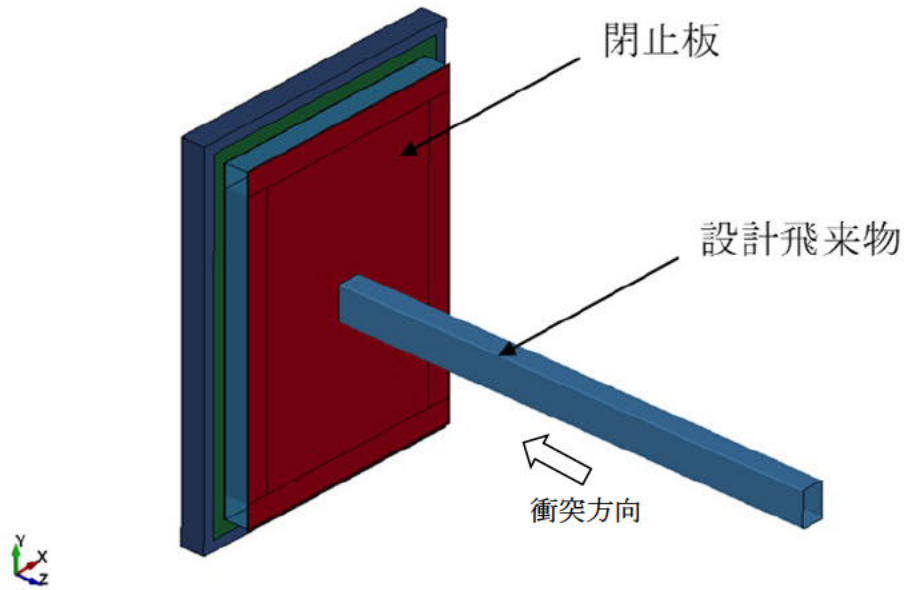
図-4 ガラリに設ける防護フードの概要図(代表例)



材質	ステンレス鋼
寸法	W4840×H4010×D555×t15 (mm)
重量	6100 kg

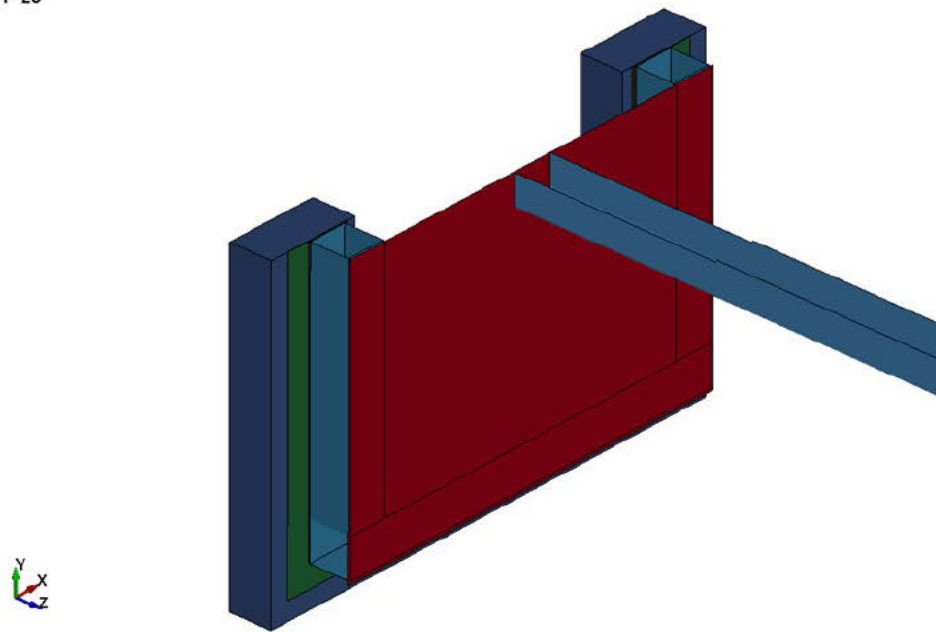
図-5 防護扉の概要図

TVF-25



解析モデル全体

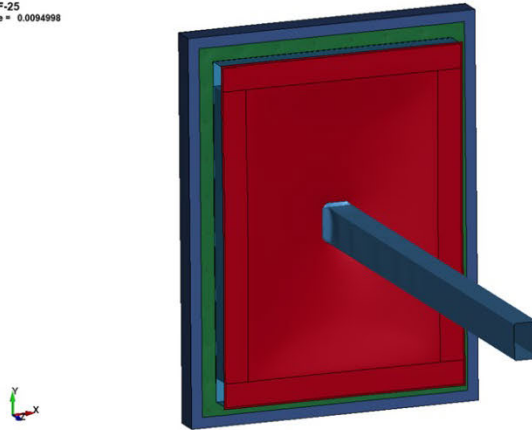
TVF-25



設計飛来物衝突部中央断面

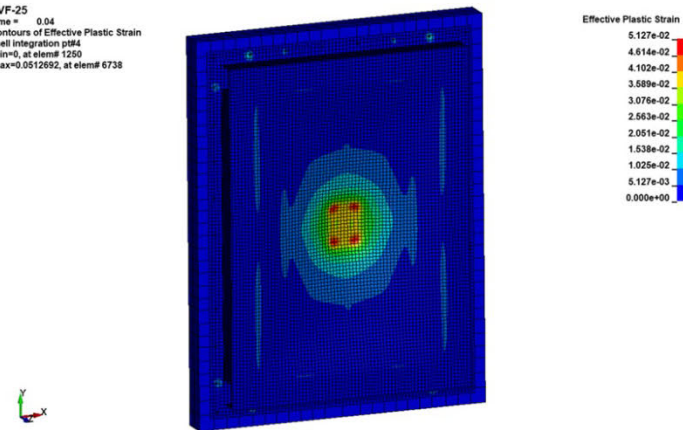
図-6 防護板の解析モデル

TVF-25
Time = 0.0094998

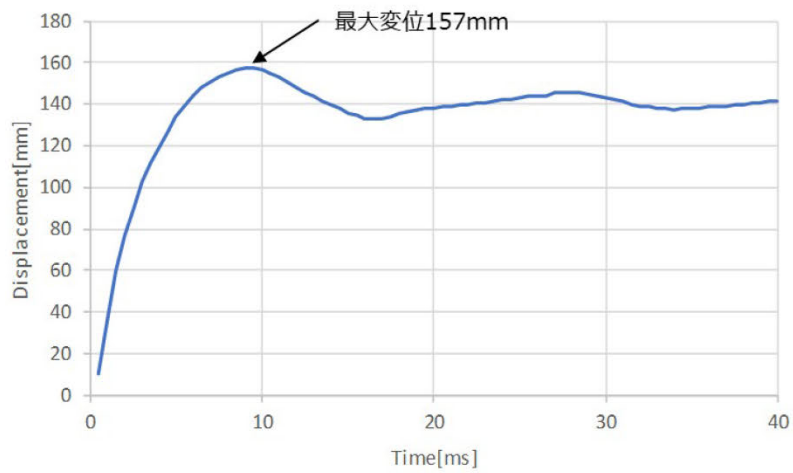


衝突時の変形挙動（解析終了時）

TVF-25
Time = 0.04
Contours of Effective Plastic Strain
shell integration p884
min=0, at elem# 1250
max=0.0512652, at elem# 6738



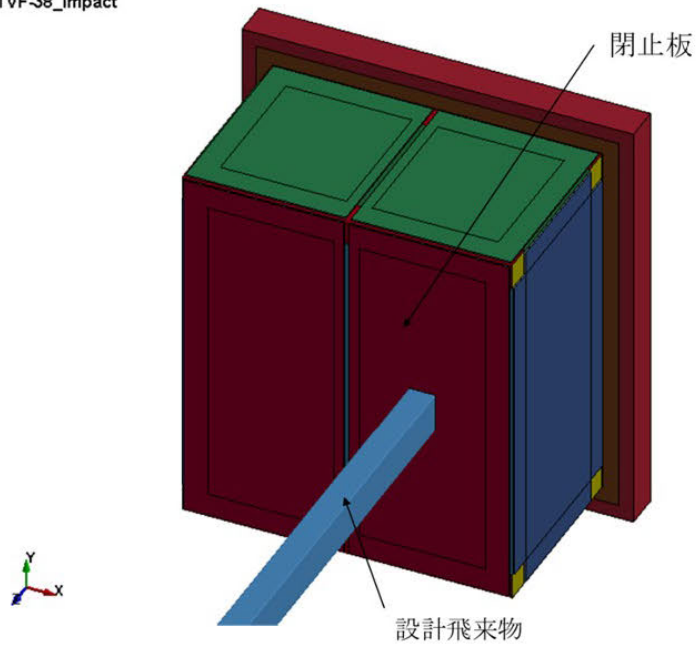
衝突時のひずみ分布（解析終了時）



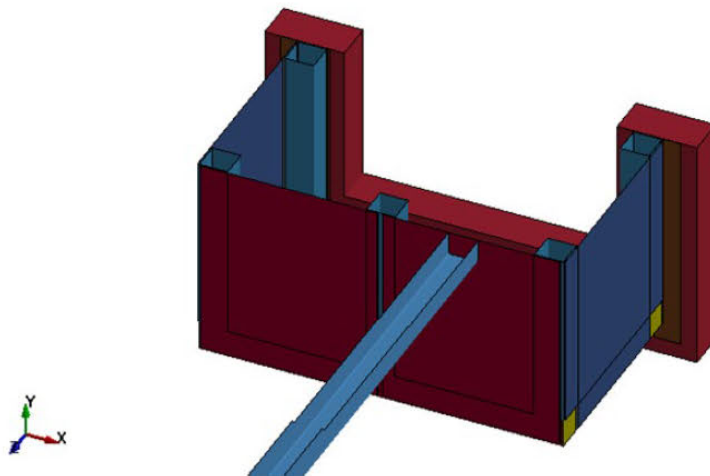
変位履歴

図-7 防護板の衝突解析結果

TVF-38_Impact



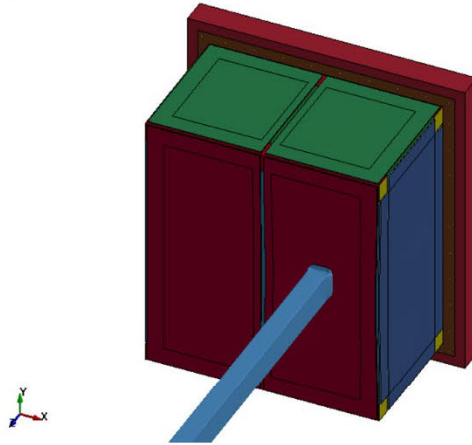
解析モデル全体



設計飛来物衝突部中央断面

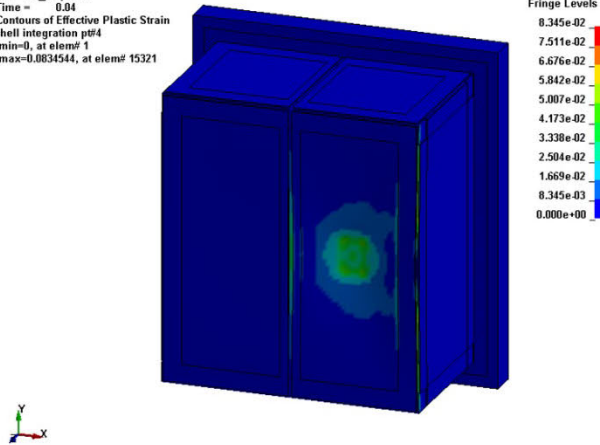
図-8 防護フードの解析モデル

TVF-38_Impact
Time = 0.0084994

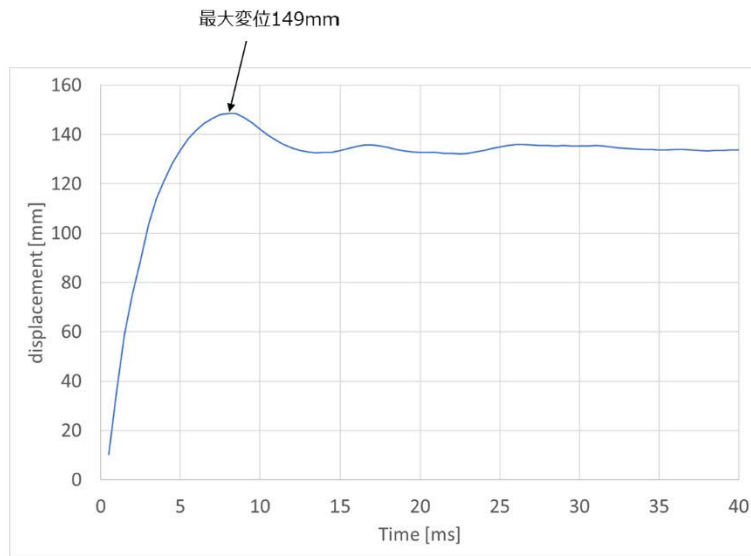


衝突時の変形挙動（解析終了時）

TVF-38_Impact
Time = 0.04
Contours of Effective Plastic Strain
shell integration pt#4
min=0, at elem# 1
max=0.0834544, at elem# 15321



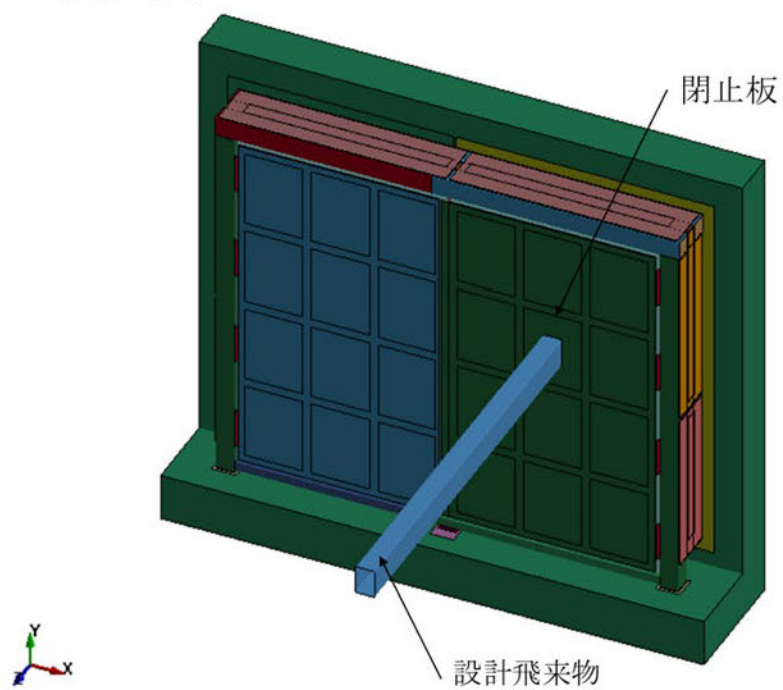
衝突時のひずみ分布（解析終了時）



変位履歴

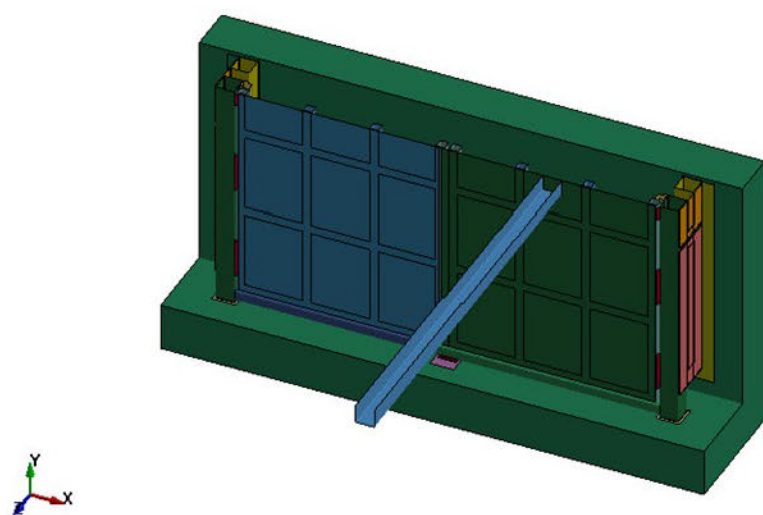
図-9 防護フードの衝突解析結果

TVF-12_13_rev01_Impact



解析モデル全体

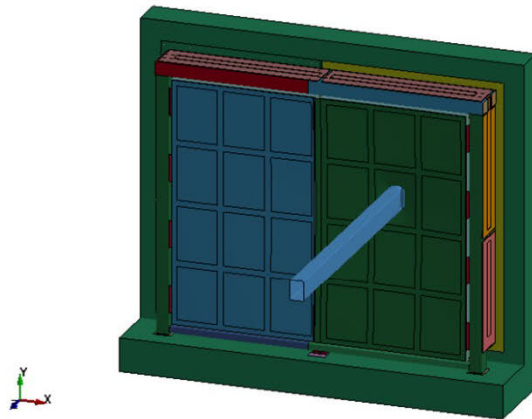
TVF-12_13_rev01_Impact



設計飛来物衝突部中央断面

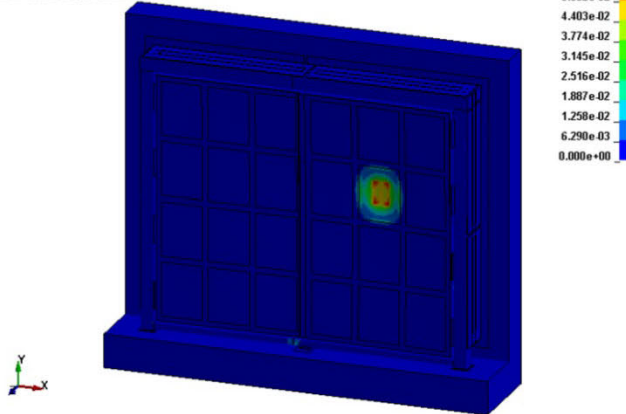
図-10 防護扉の解析モデル

TVF-12_13_rev01_Impact
Time = 0.0135



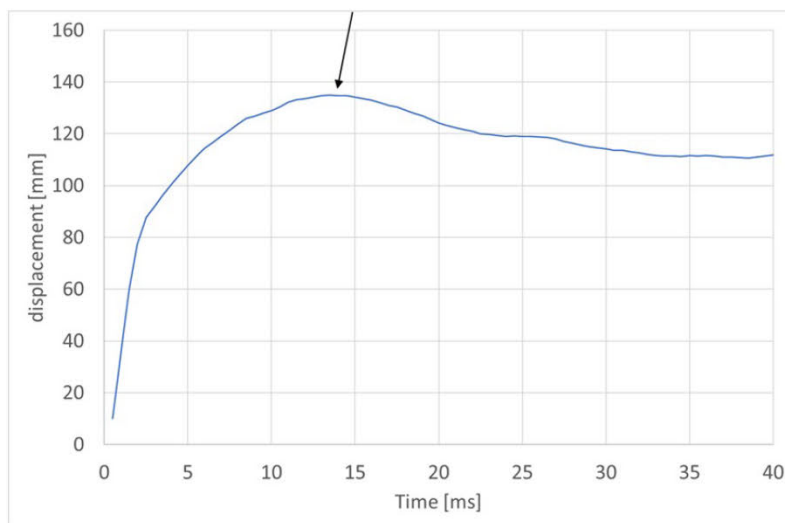
衝突時の変形挙動（解析終了時）

TVF-12_13_rev01_Impact
Time = 0.01
Contours of Effective Plastic Strain
shell integration pnt4
min=0, at elem# 10001
max=0.0628992, at elem# 331361



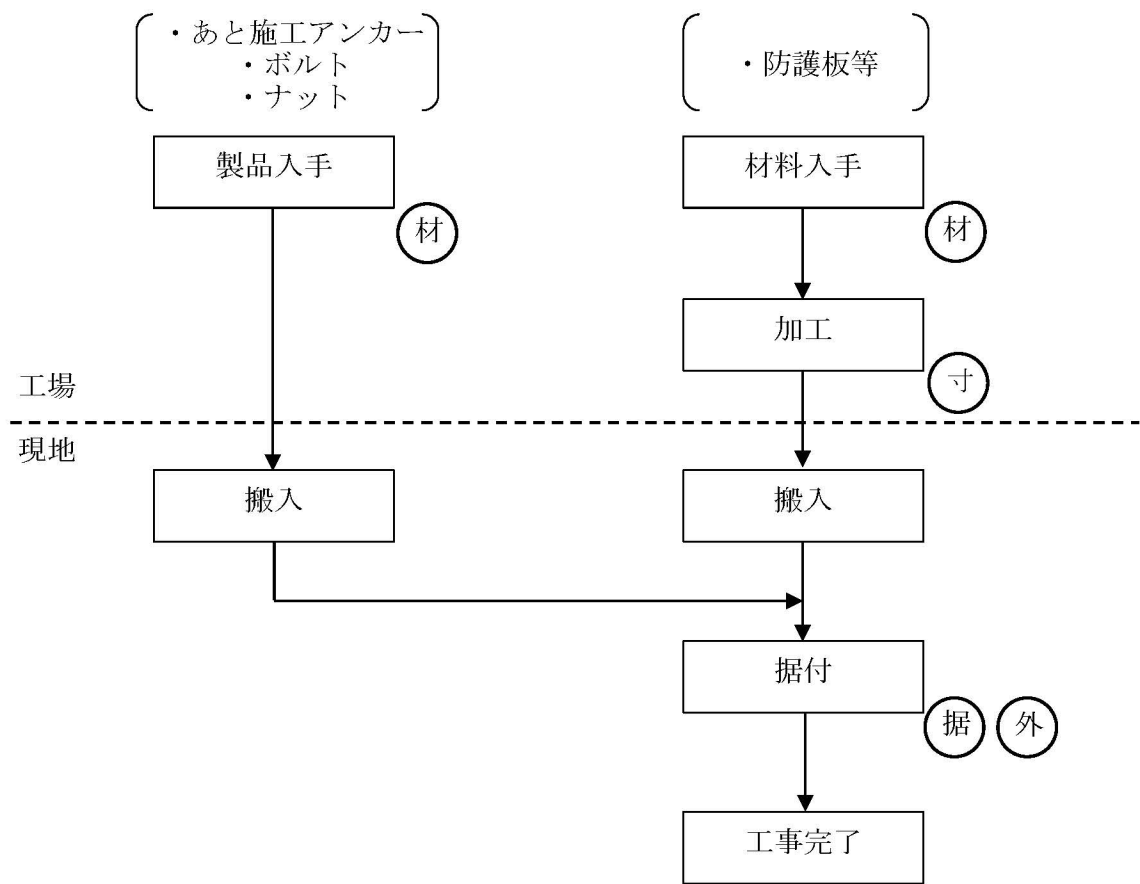
衝突時のひずみ分布（解析終了時）

最大変位135mm



変位履歴

図-11 防護扉の衝突解析結果



- 材 : 材料検査
- 外 : 外観検査
- 寸 : 寸法検査
- 据 : 据付検査

図-12 防護板等の設置に係る工事フロー

表-2 竜巻防護対策（開口部の閉止措置）に係る工事工程表

	令和4年度										備考	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
耐震補強 工事												
	工事(※)											

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。