

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の
浸水防止設備(浸水防止扉)の耐津波補強工事
(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、今後ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波及び耐震評価を行う計画であることを示した。

この計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備(浸水防止扉:TVF-1~TVF-10)について、廃止措置計画用設計津波と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した津波影響評価、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震評価を実施した。この結果、TVF-1~TVF-9については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10については、一部の部位(2カ所)の耐震性が不足することが確認できたため、耐震補強を行う。

本補強にあたっては、材料検査、据付・外観検査等により、設計を満足していることを確認する。

令和3年8月24日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. 目的

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「別添 6-1-3-3 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書」の「Ⅲ-2 設計津波に対する浸水防止設備(浸水防止扉)の強度評価」に今後ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止扉の耐津波及び耐震評価を行う計画であることを示した。

この計画に基づき、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の浸水防止設備(浸水防止扉:TVF-1~TVF-10)について、廃止措置計画用設計津波と漂流物衝突・余震の重畳を考慮した津波影響評価、廃止措置計画用設計地震動に対する耐震評価を実施した(添付-1:津波評価(TVF-10)、添付-2 耐震評価(TVF-10 の閉状態での補強後評価結果)を示す。)

この結果、TVF-1~TVF-9 については十分な強度があることを確認できたが、TVF-10 については、一部の部位(発生応力が部材耐力を超える部位 2 か所:締結金物、扉体止めブラケット)の耐震性が不足することが確認できたため、耐震補強を行う(表-1、表-2)。

2. 設備概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟外壁の扉及びシャッター一部には、緊急安全対策として T.P.+14.4 m の範囲で浸水防止扉を設置(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9 及び浸水防止扉 TVF-10)している(図-1)。

浸水防止扉(TVF-1~4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、扉体部品(ヒンジ、扉支持金具、締結金具)及びアンカーボルトから構成され、扉を扉枠に支持させる構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である(図-2)。

ガラリ延長ダクト(TVF-5, 8) は、給排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

3. 設計条件

浸水防止扉である TVF-1~4, TVF-6, TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態での強度評価を行う。浸水防止扉 TVF-10 は、平日日勤時の時間帯における運転員及びその他の職員等の通行のため、開状態となっているものの、大津波警報が発令された場合は、津波襲来前に当該浸水防止扉の閉操作が可能であることを確認している。このため、浸水防止扉 TVF-10 については、閉状態での評価に加え、開状態における耐震評価を実施する。

本補強においては、廃止措置計画用設計地震動が作用したとしても当該浸水防止扉からの浸水が生じさせないようにする。これにより、建家内部に設置されている安全機能を担う設備が設計津波により機能を喪失するおそれがないようにする。

補強後の強度評価は、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)の高放射性廃液貯蔵場(HAW)と同様の方法、手順により実施し、設定している廃止措置計画用設計地震動を踏まえ、浸水防止扉の評価部位の発生応力が許容限界内に収まることを確認する。

4. 設計方針

廃止措置計画用設計地震動に対して耐力が不足する箇所は、TVF-10 の締結金物と扉体止めブラケットである(図-3、図-4)。

締結金物は、閉状態で固定するレバーであり、板厚を 16mm から 19mm、材質を SM400 から SM490 に材質を変更することにより部材自体の構造強度を上げる(図-5)。

扉体止めブラケットは扉を開状態で固定するものであり、H 型鋼材から角型鋼材への材質を変更することにより揺れに対して構造強度を上げる(図-6)。

5. 工事の方法

本工事で交換する締結金物と扉体止めブラケットを図-5、図-6 に示す。これらは浸水防止扉及び床面にボルトで固定されていることから、ボルトを外し既設と交換する。

本工事を行うにあたっては、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、扉板や扉枠の変更はなく、ボルトで固定している交換可能な部品であり、扉の機能への波及的な影響は生じない。

本工事において、材料検査、据付・外観検査、寸法検査を実施する。

5. 安全機能への影響

非管理区域のガラス固化技術管理棟とガラス固化技術開発棟間の連絡通路の浸水防止扉であり、施設の閉じ込め機能への影響はない。

また、工事の際には、扉の開閉や事故対処の妨げにならないようにする。

6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-3に示す。

表-1 耐津波評価結果(応力比※1)

		扉板	主桁	縦桁	戸当り横桁	ダクト配管	排気口ボックス
TVF-1	閉	0.46	0.51	0.35			
TVF-2	閉	0.39	0.43	0.20			
TVF-3	閉	0.39	0.43	0.20			
TVF-4	閉	0.45	0.52	0.35			
TVF-5	閉		0.33	0.22		0.02	0.35
TVF-6	閉	0.33	0.40	0.20			
TVF-7	閉	0.44	0.56	0.38			
TVF-8	閉		0.59	0.25		0.02	0.52
TVF-9	閉	0.55	0.37				
TVF-10	閉	0.30	0.48	0.21	0.67		
	開						

※1:応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2:ハッチング箇所は対象外

表-2 耐震評価結果(応力比※1)

ヒンジピン		ヒンジボルト (扉体側)	ヒンジボルト (枠体側)	扉支持金具	締結金具	取付けボルト	扉体止めブラ ケット	アンカーボルト
TVF-1	閉	浸水防止扉	0.67	0.67	0.86			0.70
TVF-2	閉	浸水防止扉	0.06	0.59				0.10
TVF-3	閉	浸水防止扉	0.06	0.59				0.11
TVF-4	閉	浸水防止扉	0.16	0.57	0.41	0.73		0.69
TVF-5	閉	ガラリ延長ダクト						0.07
TVF-6	閉	浸水防止扉	0.06		0.60			0.14
TVF-7	閉	浸水防止扉	0.10	0.38	0.83			0.12
TVF-8	閉	ガラリ延長ダクト						0.15
TVF-9	閉	窓遮へい板						0.02
TVF-10	閉	浸水防止扉	0.17		1.15 →0.61 (板厚を16mm から19mm、材 質をSM400か らSM490に変 更)			0.03
	開		0.12	0.45			1.79 →0.21 (H型鋼材から 角型鋼材へ材 質変更)	0.03

※1:応力比は、発生応力/許容応力を示す。

※2:ハッチング箇所は対象外

表-3 補強対策に係る工事工程表

	令和3年度										備考	
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
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。



図-1 浸水防止設備の設置位置図
(ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟)



TVF-1



TVF-2



TVF-3



TVF-4



TVF-6



TVF-7



TVF-10

図-2 浸水防止設備の設置状態 (片開きスイング扉)



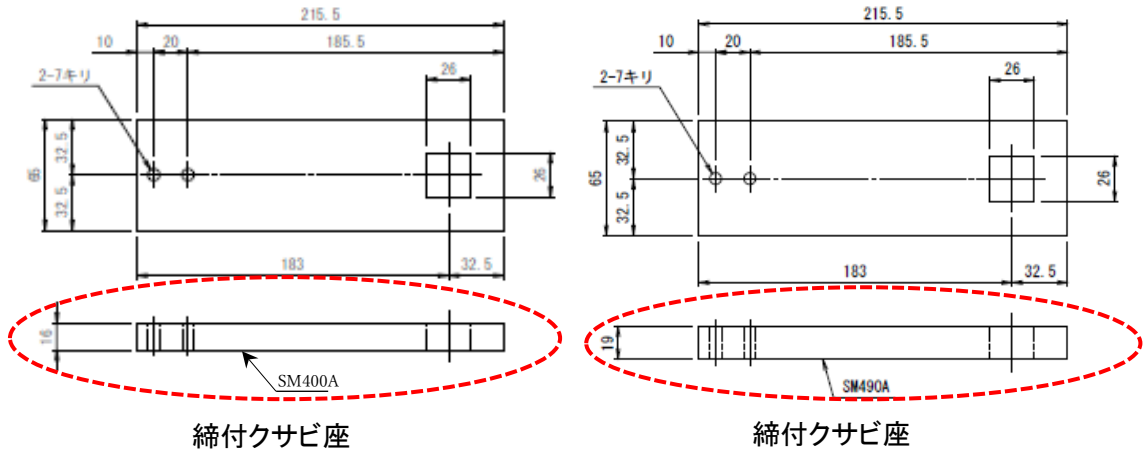
図-3 浸水防止扉 TVF-10（開状態）の耐震補強を行う箇所



図-4 浸水防止扉 TVF-10（閉状態）

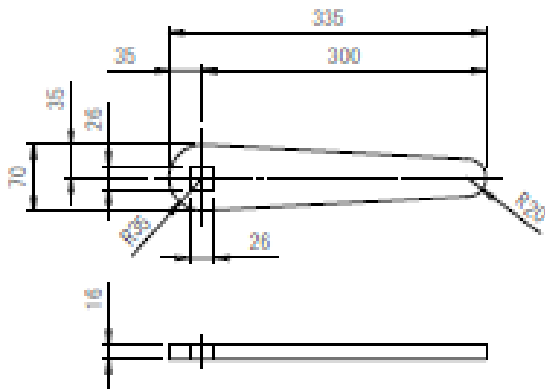
【交換前】

【交換後】

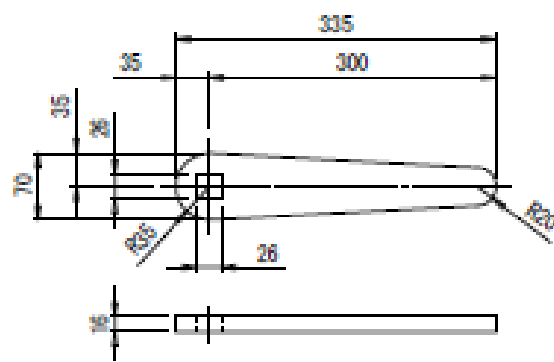


縮付クサビ座

縮付クサビ座



縮付金物軸



縮付金物軸

SM400A:肉厚 16mm

⇒

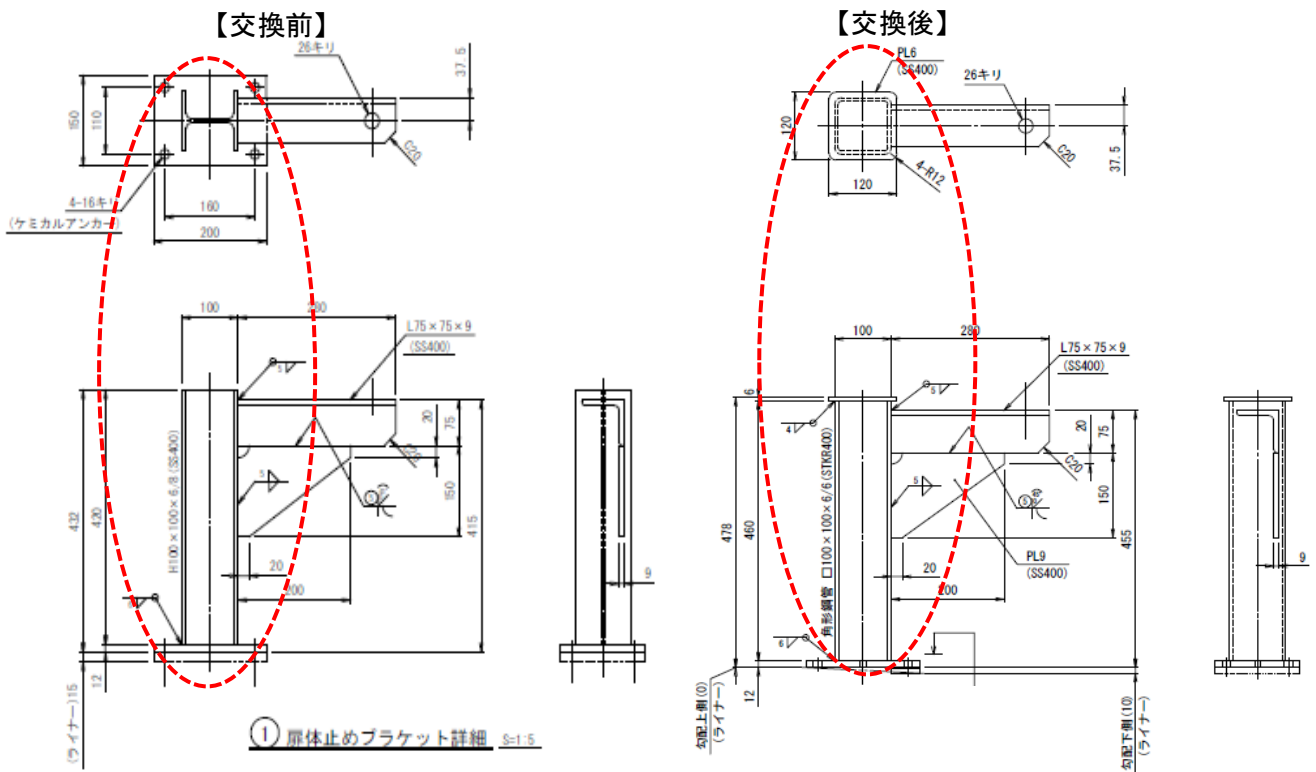
SM490A:肉厚 19mm

締結金具の強度評価結果

	発生応力(N/mm ²)	許容応力(N/mm ²)	応力比
交換前:16mm-SM400A	270	235	1.15
交換後:19mm-SM490A	192	315	0.61

応力比は、発生応力/許容応力を示す。

図-5 締結金具の概要図



H 鋼材 100×100×6×8



角形鋼材 100×100×6×6

扉体止めブラケットの強度評価結果

	発生応力(N/mm ²)	許容応力(N/mm ²)	応力比
交換前:H 鋼材	419	235	1.79
交換後:角形鋼管材	51	235	0.22

応力比は、発生応力/許容応力を示す。

図-6 扉体止めブラケットの概要図

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟
設計津波に対する浸水防止設備（浸水防止扉）の強度評価

1. 概要

本資料は、令和2年9月25日付け原規規発第2009252号にて認可を受けた廃止措置計画の変更認可申請書 別添6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」(令02原機(再)029)に基づき、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9 及び浸水防止扉 TVF-10)について評価を行う。

浸水防止扉である TVF-1~4, TVF-6, TVF-7 は、通常が閉状態であることから閉の状態での強度評価を行う。浸水防止扉 TVF-10 は、平日日勤時は通行のため開状態、夜間休日時は閉状態であることから、開状態及び閉状態における強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図 2-1-1 に示す。



図 2-1-1 浸水防止設備の設置位置図
(ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟)

2.2 構造概要

浸水防止扉(TVF-1～4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

2.3 評価方針

浸水防止設備の強度評価は、核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 別添 6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」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、浸水防止設備の評価部位の発生応力が許容限界内に収まることを確認する。

各設備の評価部位の発生応力は「荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重から、「計算方法」に示す方法により算出し、許容限界は「許容限界」に示す値とする。

浸水防止設備の強度評価フローを図 2-3-1 に示す。評価部位は、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

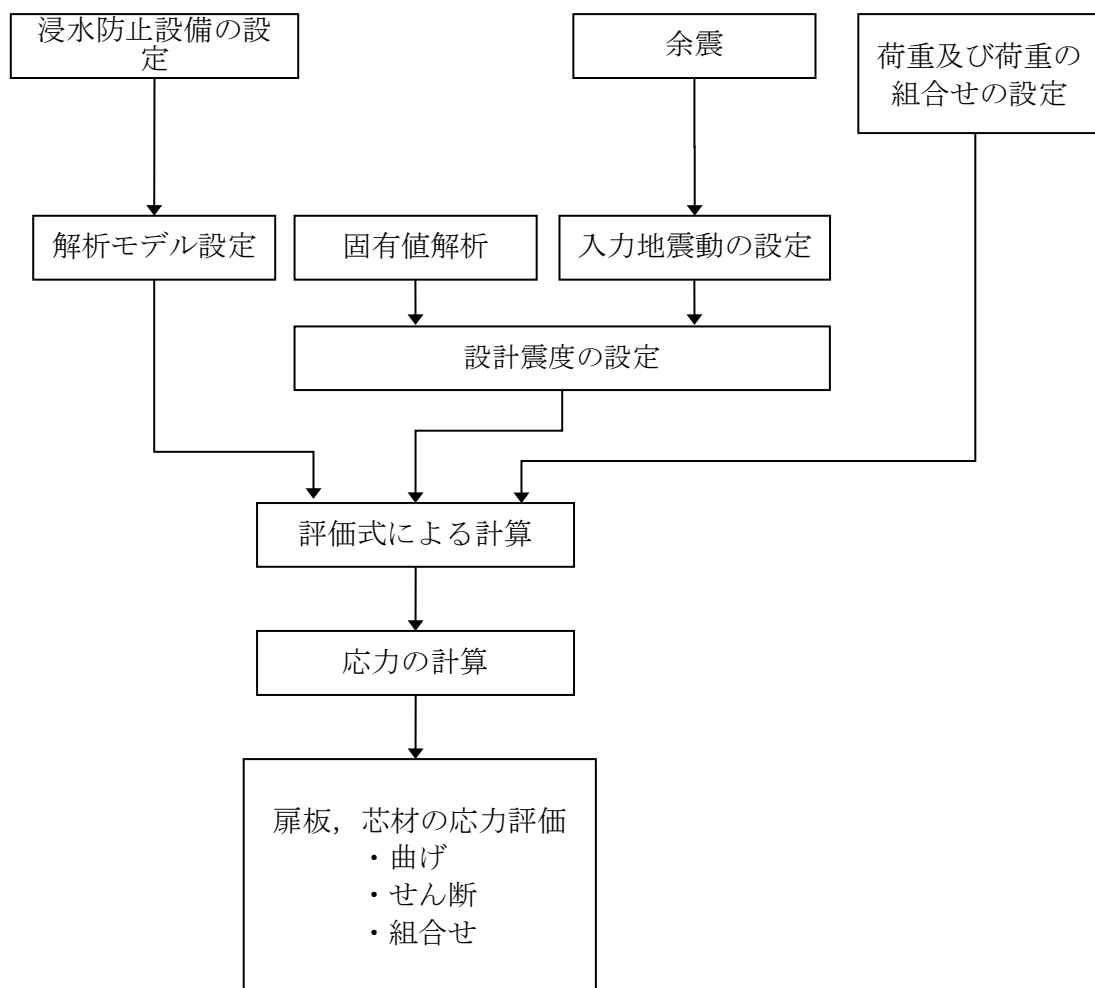


図 2-3-1 強度評価フロー

2.4 適用基準

適用する基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005 改定）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- (4) 日本工業規格 JIS G 4304（2012）熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯

3. 浸水防止扉(TVF-1)
省略
4. 浸水防止扉(TVF-2)
省略
5. 浸水防止扉(TVF-3)
省略
6. 浸水防止扉(TVF-4)
省略
7. ガラリ延長ダクト(TVF-5)
省略
8. 浸水防止扉(TVF-6)
省略
9. 浸水防止扉(TVF-7)
省略
10. ガラリ延長ダクト(TVF-8)
省略
11. 窓遮へい板(TVF-9)
省略

12. 浸水防止扉(TVF-10)

12.1 記号の説明

浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる記号を表 12-1-1 に示す。

表 12-1-1 浸水防止扉（TVF-10）の強度評価に用いる記号（1/2）

記号	定義	単位
h	波力算定用津波高さ	m
P_{hn}	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの静水圧荷重	kN/m^2
ρ	海水の単位体積重量（密度）	t/m^3
g	重力加速度	m/s^2
H_{Xn}	当該部分の浸水深	m
K_S	単位面積あたりの余震による地震荷重	N/m^2
S_d	弾性設計用地震動	
G	扉体自重	t
K_H	水平震度	—
b	扉全体の受圧幅	m
H_g	受圧高	m
P'_n	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの荷重	kN/m
P_n	該当部位の扉板及び主桁に作用する単位面積あたりの荷重	kN/m^2
B	受圧幅	m
$\sigma_{pa\ n\ m}$	津波と地震荷重により扉板に生じる応力（区画 n, m）	N/mm^2
σ_p	扉板に生じる応力	N/mm^2
t	扉板の板厚	mm
β, β_n	扉板に発生する応力の応力係数	—
C_n	扉板の短辺側の長さ	mm
	該当部位の主桁が受ける単位長さあたりの荷重	kN/m
a_n	主桁ピッチ	m
M_n	主桁に生じる曲げモーメント	$\text{kN}\cdot\text{m}$
L	主桁の長さ	m
Q_n	主桁に生じるせん断力	$\text{kN}\cdot\text{m}$
σ_n	主桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z_{Xn}	主桁の断面係数	mm^3
τ_n	主桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A_{Wn}	主桁のせん断断面積	mm^2

表 12-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	定義	単位
σ_{cn}	主桁に生じる組合せ応力	N/mm^2
σ_c	主桁に生じる組合せ応力 (最大値)	N/mm^2
b_m	縦桁ピッチ	m
M'_n	縦桁に生じる曲げモーメント	$kN \cdot m$
P_{an}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの直線形分布荷重	kN/l
P_{bn}	該当部位の縦桁に作用する単位長さあたりの等分布荷重	kN/m
Q'_n	縦桁に生じるせん断力	kN
σ'_n	縦桁に生じる曲げ応力	N/mm^2
Z'_{xn}	縦桁の断面係数	mm^3
τ'_n	縦桁に生じるせん断応力	N/mm^2
A'_{wn}	縦桁のせん断断面積	mm^2
σ'_{cn}	縦桁に生じる組合せせん断応力	N/mm^2
σ'_c	縦桁に生じる組合せせん断応力 (最大値)	N/mm^2

12.2 評価部位

評価部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、基礎・支持構造として扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、締付装置により扉が扉枠に固定される構造である。また、扉枠を建家の開口部周辺に、アンカーボルトにより固定する構造である。

主体構造として片開型の鋼製扉であり、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に、差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造である。また、扉と扉の接続はヒンジを介する構造である。

浸水防止扉(TVF-10)に生じる津波に伴う荷重は、扉板から芯材、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

浸水防止扉(TVF-10)の構造図を図 12.2-1、評価部位を図 12.2-2 に示す。

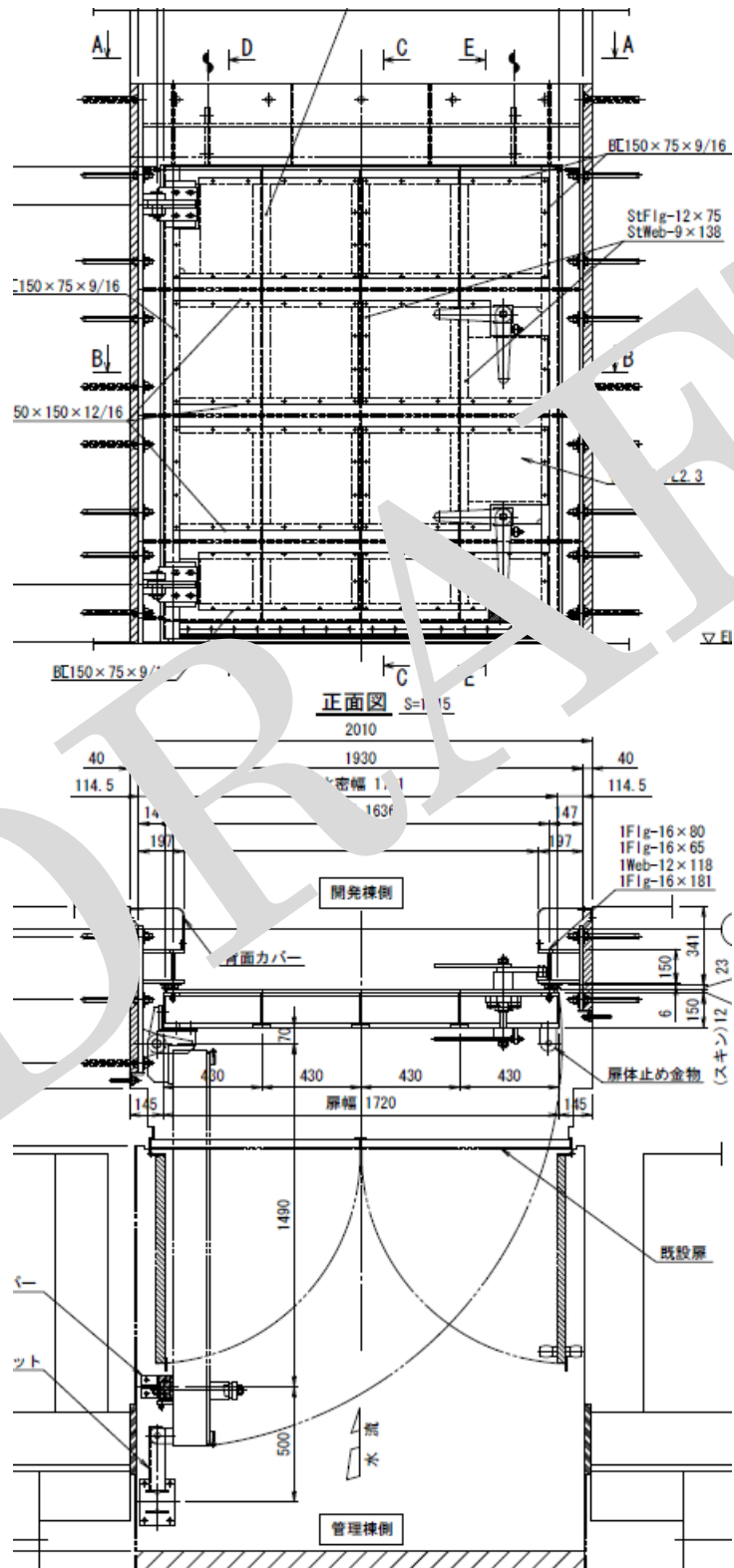


図 12. 2-1 浸水防止扉 (TVF-10) の構造図 (1/2)

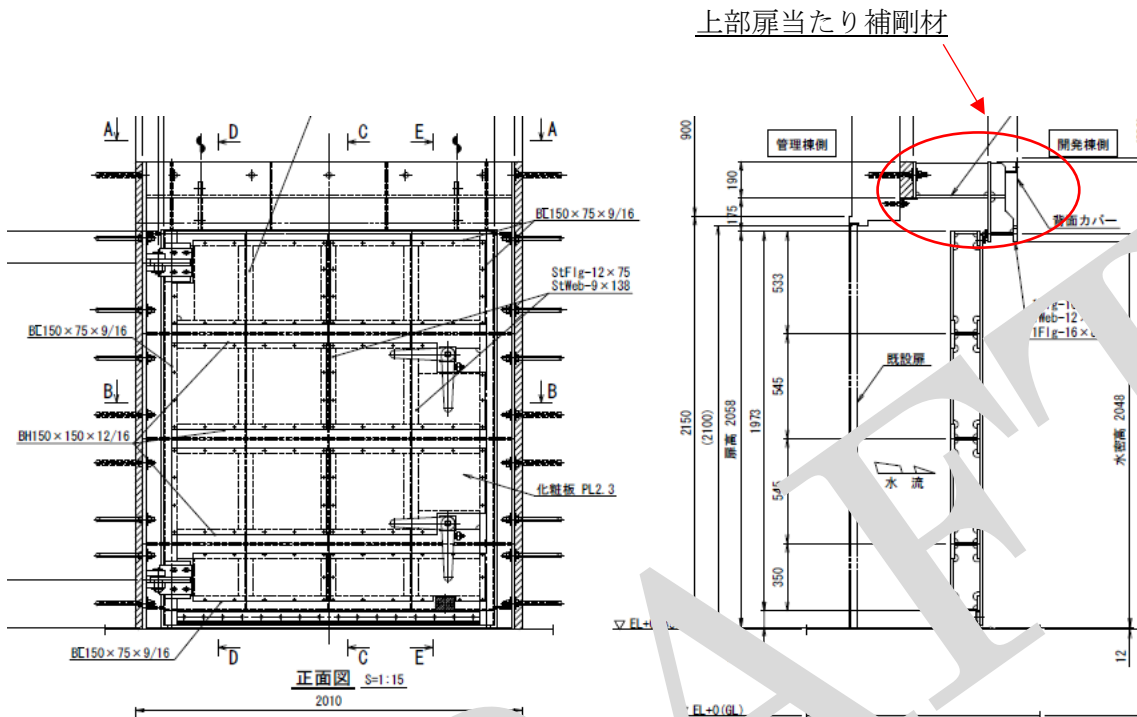


図 12.2-1 水止扉 (VF-1) の構造図 (2/2)

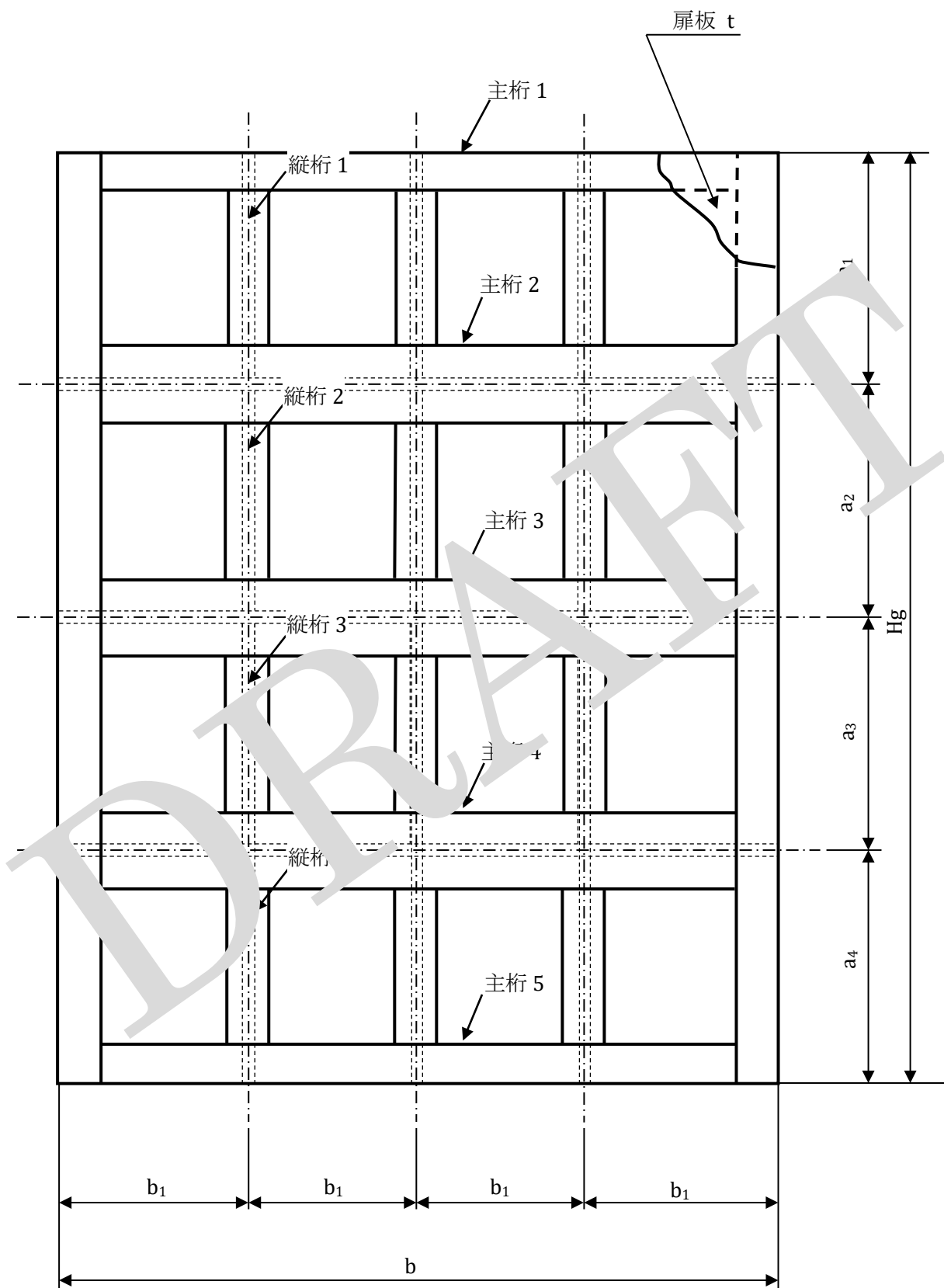


図 12. 2-2 浸水防止扉 (TVF-10) の評価部位

12.3 構造強度評価方法

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価は、「12.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「12.4 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せを踏まえ、「12.7 計算方法」に示す方法を用いて応力を算定し、「12.5 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

DRAFT

12.4 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、以下のとおりとする。

(1) 荷重

a. 津波による波力

遡上津波荷重については、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の地表面から波力算定用津波高さ h までの高さを考慮して算定する。算定に当たっては、静水圧及び動水圧の影響として水深係数 $\alpha=3.0$ を考慮する。

b. 余震による荷重

余震による荷重として、別添 6-1-3-2「II 余震による地震応答解析」の応答値による慣性力を考慮する。

c. 風荷重

風荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 303 号）の規定に基づき組合せを考慮しない。

d. 積雪荷重

積雪荷重については、建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）の規定に基づき、指定行政庁が指定する区域に該当しないため考慮しない。

(2) 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 津波に伴う遡上津波荷重 (P_{hn})

津波に伴う荷重として、遡上津波荷重を考慮する。

$$P_{hn} = \rho \cdot g \cdot H_{xn}$$

設計津波高さが T.P. +12.3 m、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の G.L. が T.P. +7.65 m であることから、浸水深 4.65 m となり、水深係数 $\alpha=3.0$ を考慮して、津波の浸水高さは 13.95 m として評価を行う。

津波に伴う荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び海水の密度を表 12.4-1 に示す。

表 12.4-1 水圧作用高さ及び海水の密度

扉名称	水圧作用高さ EL. [m]	海水の密度 [t/m ³]
浸水防止扉(TVF-10)	13.95	1.03

b. 余震荷重 (K_S)

余震による荷重は、弾性設計用地震動S_aに伴う地震力（動水圧を含まない。）とする。

余震時の扉体自重による慣性力を考慮する。地震による荷重K_Sは、浸水扉の固定荷重Gに水平震度K_Hを乗じた次式により算出する。

$$K_S = \frac{K_H \cdot G \cdot g}{b \cdot H_g}$$

c. 縦桁に作用する荷重 (P'_n)

縦桁に作用する荷重は、上記 a,b の荷重の合計に、縦桁が受け持つ荷重の受圧幅 B を乗じた次式により算出する。

$$P'_n = B \cdot P_n$$

(3) 荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重の組合せは、別添 6-1-3-2「高放射性廃液（HAW）の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書 III-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」に示す、荷重条件の最も厳しいケース 2（波力+余震）の条件で実施する。浸水防止扉 TVF-10 の強度評価に用いる荷重の組合せを表 12.4-2 に示す。

表 12.4-2 強度評価に用いる荷重の組合せ

扉名称	荷重の組合せ
浸水防止扉(TVF-10)	$P_{hn} + K_s$

※ P_{hn} は津波による波力、 K_s は余震による荷重を示す。

12.5 許容限界

(1) 使用材料

浸水防止扉(TVF-10)を構成する扉板及び芯材の使用材料を表 12.5-1 に示す。

表 12.5-1 扉板及び芯材の使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SM400A	1973×1720×12
芯材	主桁（最上段及び最下段）	SM400A	C150×75×9×12
	主桁（中間）	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	T150×75×9×12 [※]
上部戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170

※ 板の組合せ構造

(2) 許容限界

扉板及び芯材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」を基として表 12.5-2 の値とする。

表 12.5-2 扉板及び芯材の許容限界

材 料	短期許容応力度[N/mm ²]	
	曲げ	せん断
SM400A [※]	235	135

※ 許容応力度を決定する場合の基準値Fの値は、「鋼構造設計規準—溶接構造用(t≤40mm)」に基づく。

12.6 設計用地震力

別添 1 に示したとおり浸水防止扉(TVF-10)の固有周期が 0.05 秒以下であることを確認したため、浸水防止扉(TVF-10)の強度計算で用いる設計震度は、別添 6-1-3-3「Ⅱ余震による地震応答解析」で得られた水平震度 0.5 を 1.2 倍した 0.6 を用いる。

DRAFT

12.7 計算方法

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価における応力の計算方法を以下に示す。

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、津波及び余震に伴う荷重を考慮し、等変分布荷重及び等分布荷重を受ける周辺固定支持の矩形板として、「土木学会 構造力学公式集」に基づき、次式により算定する。

$$\sigma_{pa\ nm} = \frac{\beta_1 \cdot 1000P_n \cdot C_1^2}{t^2} + \frac{\beta_2 \cdot 1000(P_{n+1} - P_n) \cdot C_2^2}{t^2}$$

$$C_1 = C_2 = \text{MIN}(a_n, b_m)$$

$$\sigma_p = \text{MAX}(\sigma_{pa\ nm})$$

$$(n = 1 \sim 4, m = 1)$$

浸水防止扉(TVF-10)の扉板に生じる応力評価部位の番号を図 12.7-1 に、扉板に生じる応力の例を図 12.7-2 を示す。

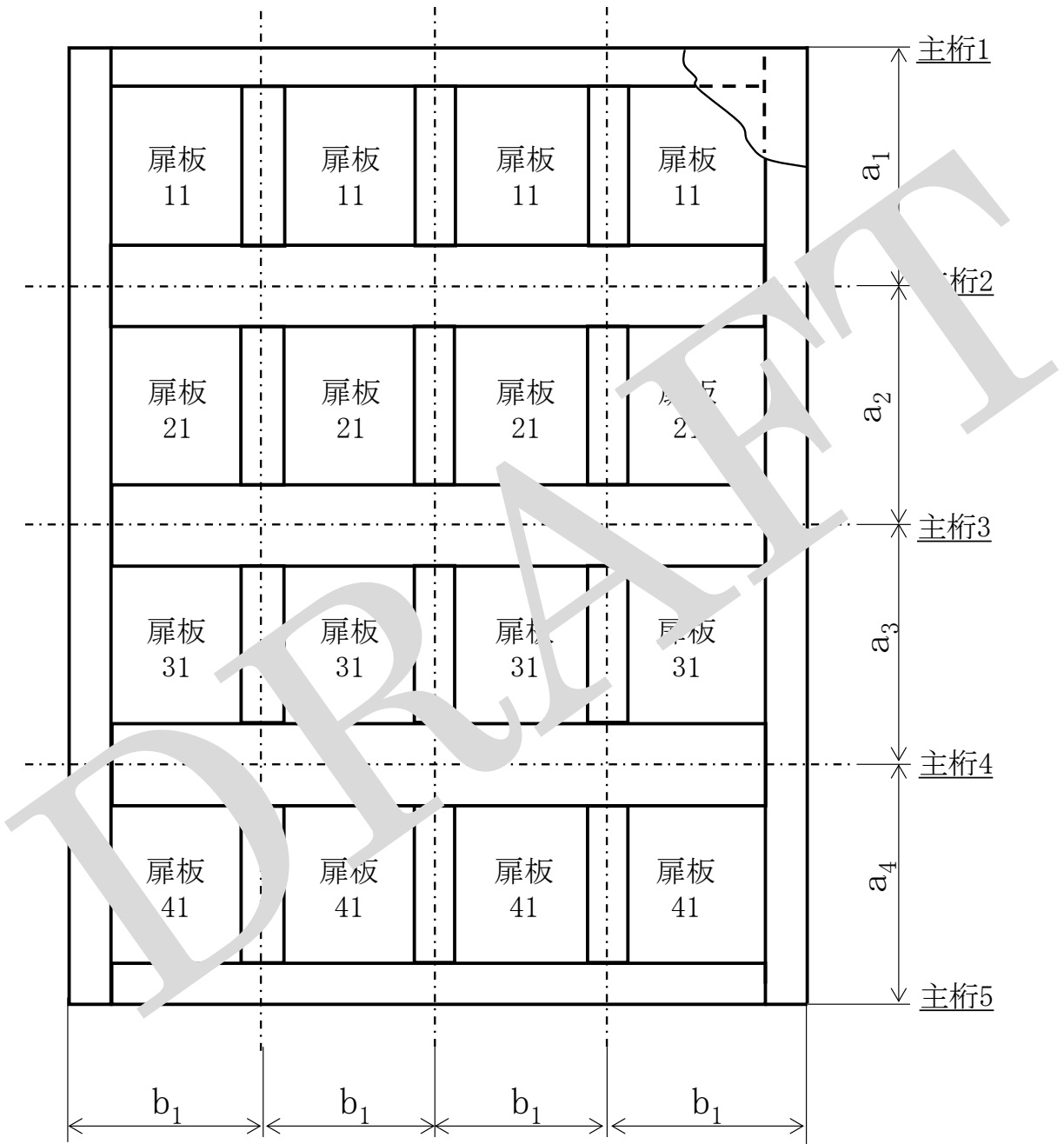


図 12.7-1 扉板に生じる応力評価部位番号

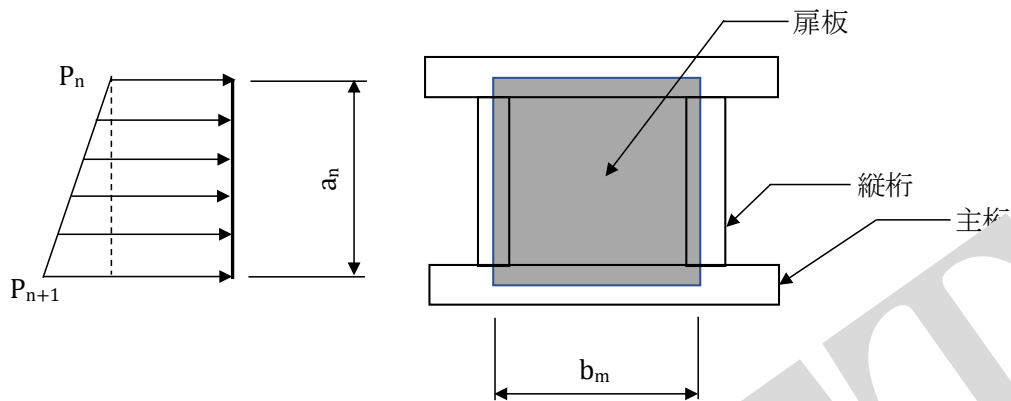


図 12. 7-2 扉板に生じる応力の例

(1) 芯材

芯材に生じる応力は、津波及び余震による荷重を考慮し、荷重を負担する芯材の取付方向（鉛直又は水平）に応じて「日本機械学会 機械工学 基礎編 A4 材料力学」の「はり」の節に基づき、それぞれ算定する。

a. 主桁

水平方向に取付の主桁については、扉板に生じる荷重を算定し、次式により算定する。主桁に生じる荷重の例を図 12. 7-3 に示す。

$$W_1 = \frac{(2P_1 + P_2) \cdot a_1}{6}$$

$$W_2 = \frac{(2P_2 + P_1) \cdot a_1}{6} + \frac{(2P_2 + P_3) \cdot a_2}{6}$$

$$W_3 = \frac{(2P_3 + P_2) \cdot a_2}{6} + \frac{(2P_3 + P_4) \cdot a_3}{6}$$

$$W_4 = \frac{(2P_4 + P_3) \cdot a_3}{6} + \frac{(2P_4 + P_5) \cdot a_4}{6}$$

$$W_5 = \frac{(2P_5 + P_4) \cdot a_4}{6}$$

$$M_n = \frac{W_n \cdot L^2}{8}$$

$$Q_n = \frac{W_n \cdot L}{2}$$

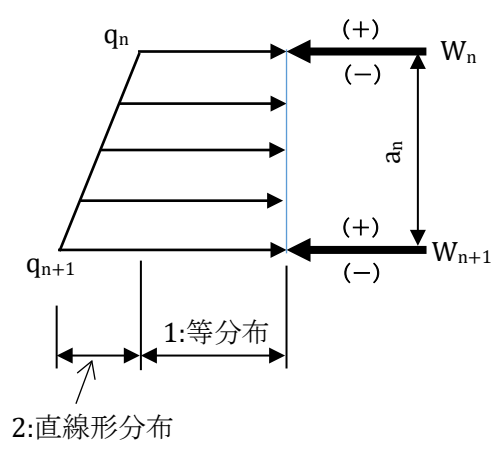
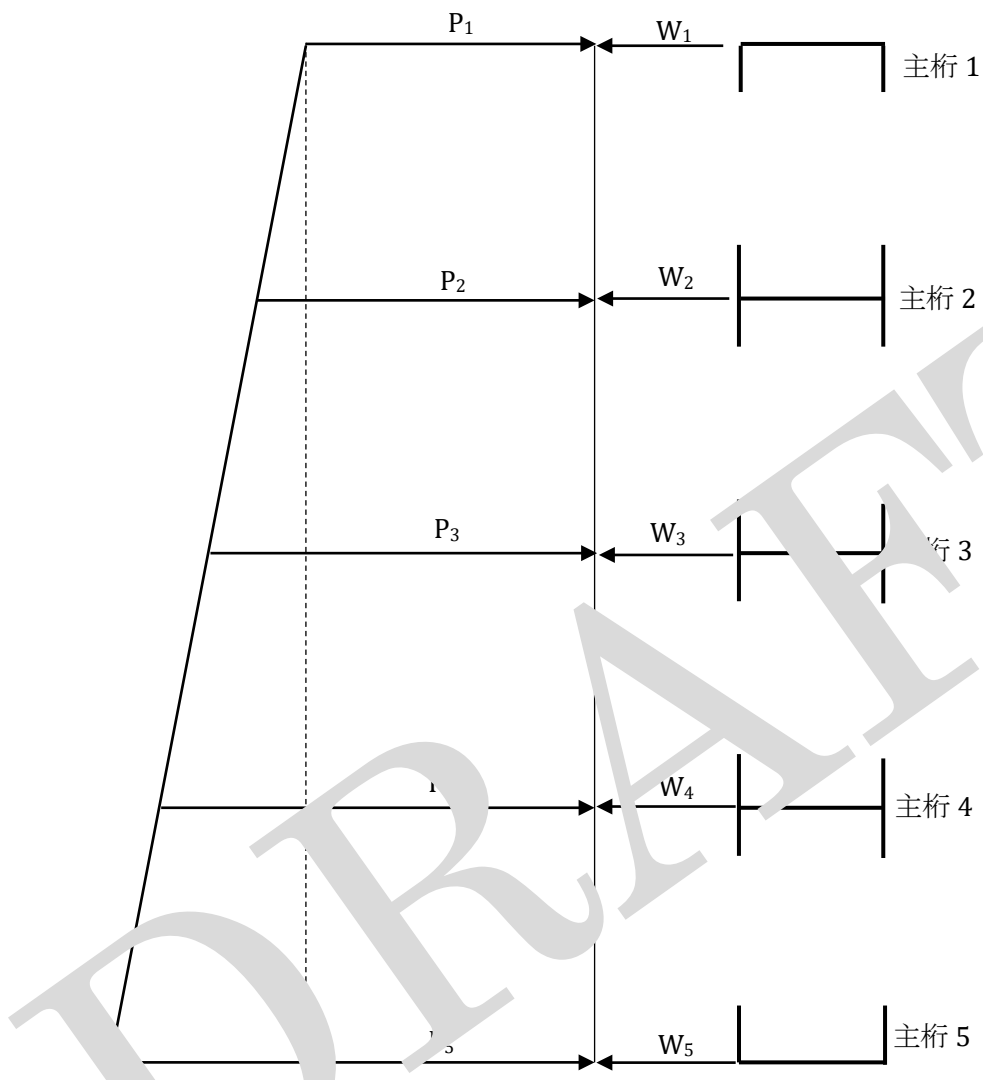
$$\sigma_n = \frac{1 \times 10^6 M_n}{Z_{xn}}$$

$$\tau_n = \frac{1000 Q_n}{A_{wn}}$$

$$\sigma_{cn} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3\tau_n^2}$$

$$\sigma_c = \text{MAX}(\sigma_{cn}) \quad (n = 1 \sim 5)$$

DRAFT



2:直線形分布

図 12.7-3 主桁に生じる荷重の例

b. 縦桁

鉛直方向に取付く縦桁については、荷重は各桁（中間縦桁及び端縦桁）に分担することとし、等分布荷重を受ける両端支持の単純梁として、次式により算定する。縦桁に生じる荷重の例を図 12.7-4 に示す。

$$M'_n = a_n^2 \cdot \left(\frac{P_{an}}{9\sqrt{3}} + \frac{P_{bn}}{8} \right)$$

$$Q'_n = a_n \cdot \left(\frac{P_{an}}{3} + \frac{P_{bn}}{2} \right)$$

$$P_{an} = P'_{n+1} - P'_n, \quad P_{bn} = P'_n$$

$$\sigma'_n = \frac{1 \times 10^6 \cdot M'_n}{Z'_{xn}}$$

$$\tau'_n = \frac{1000Q'_n}{A'_{wn}}$$

$$\sigma'_{cn} = \sqrt{\sigma'^2_n + 3\tau'^2_n}$$

$$\sigma'_c = \text{MAX}(\sigma'_{cn}) \quad (n = 1 \sim 4)$$

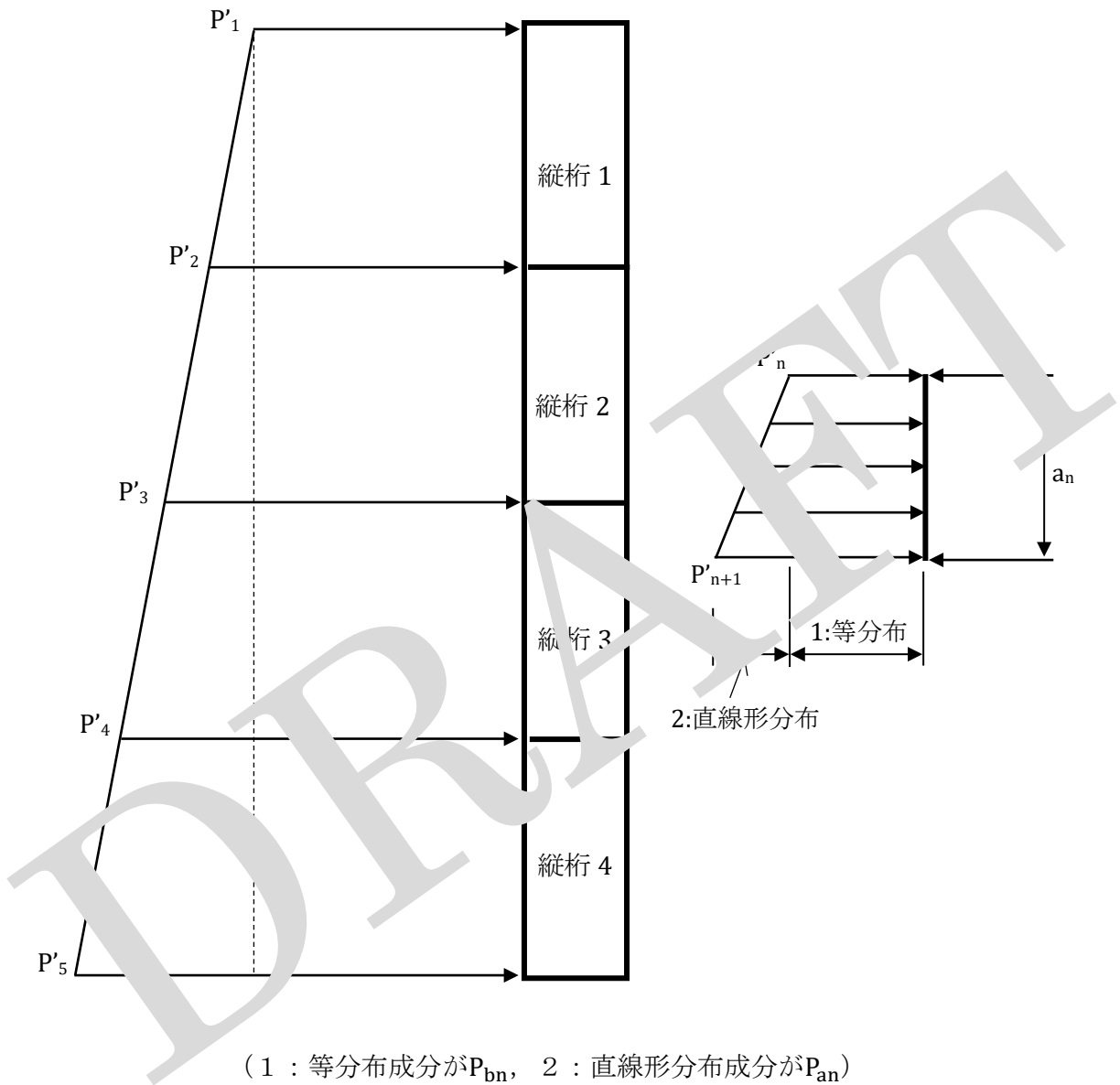


図 12.7-4 縦桁に生じる荷重の例

(2) 上部戸当たり (水平補剛材及び鉛直補剛材)

上部戸当りに生じる荷重は、津波及び余震に伴う荷重を、鉛直補剛材に作用させ、水平補剛材及び鉛直補剛材のそれぞれが受け持つ荷重を算定する。

それぞれの補剛材が受け持つ荷重に対して、鉛直補剛材と壁面の接合部を固定した鉛直補剛材及び水平補剛材からなる片持ち梁として、それぞれの補剛材の部材力を算定する。

算定された部材力をもとに、それぞれの部材に生じる応力を算定する。上部戸当たりが受け持つ荷重、水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力の例を図 12.7-5 に示す。

a. 上部戸当りが受持つ荷重

鉛直補剛材に作用する静水圧(P_0, P_1)

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot h_0$$

$$W_0 = P_0 \cdot B_{g0}$$

b. 水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

鉛直補剛材

曲げモーメント

$$M_{11} = \frac{(2 \cdot W_1 + W_0) \cdot H_{g0}^2}{6}$$

せん断力

$$Q_{11} = \left\{ W_0 + \frac{(W_1 - W_0)}{2} \right\} \cdot H_{g0}$$

水平補剛材

曲げモーメント

$$M_{12} = M_{11} + \frac{W_0 \cdot L_{g0}^2}{2}$$

せん断力

$$Q_{12} = W_0$$

軸力

$$N_{12}$$

水平補剛材及び鉛直補剛材の応力

曲げ応力及びせん断応力は鉛直補剛材及び水平補剛材のリブ断面（4箇所）で評価する。

鉛直補剛材

$$\sigma_{b11} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{11}}{6 \cdot Z_{x11}}$$

$$\tau_{11} = \frac{1000 \cdot Q_{11}}{6 \cdot A_{w11}}$$

$$\sigma_{c11} = \sqrt{\sigma_{b11}^2 + 3\tau_{11}^2}$$

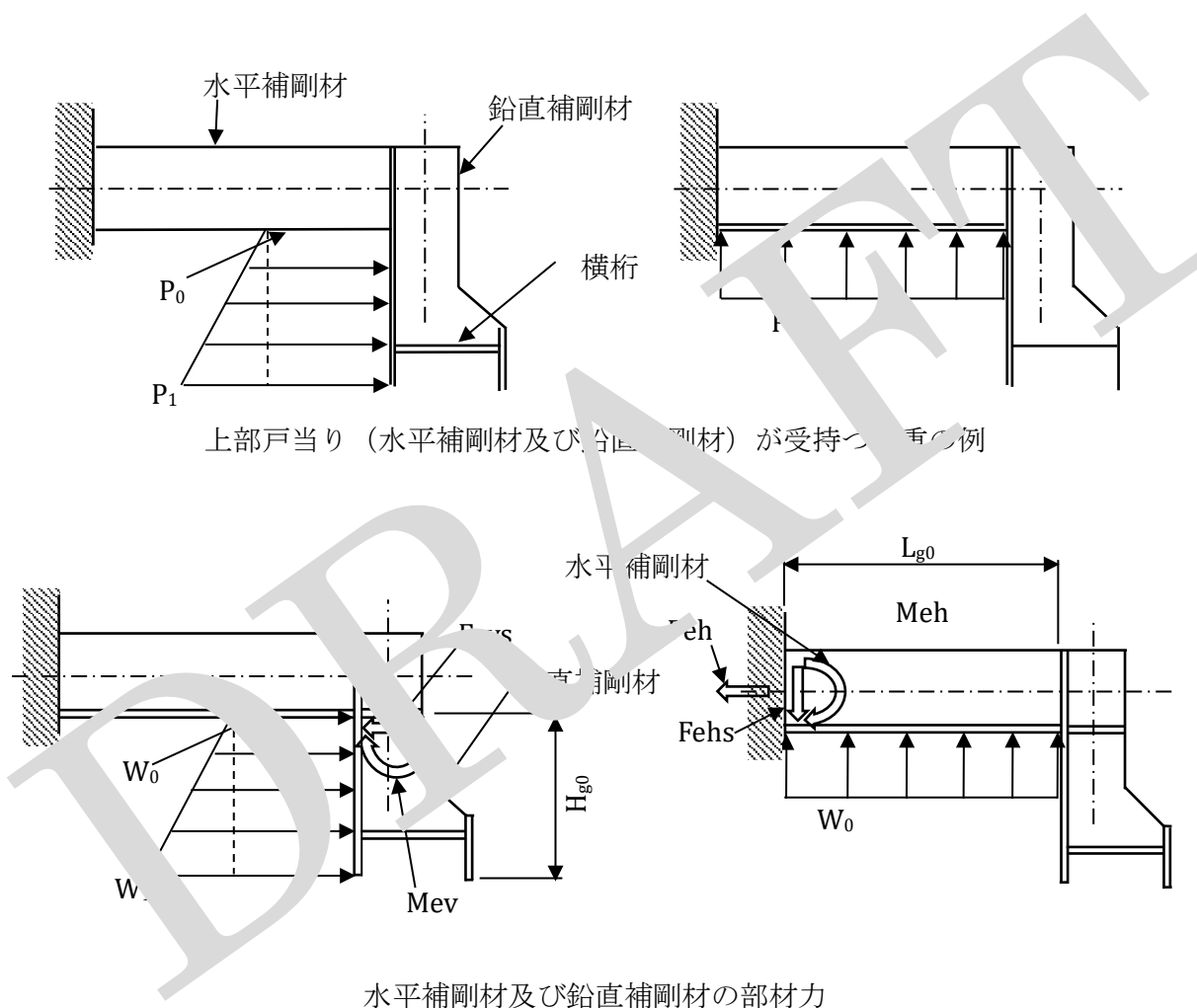
水平補剛材

$$\sigma_{b12} = \frac{1 \times 10^6 \cdot M_{12}}{(4 \cdot Z_{X11} + 2 \cdot Z_{X12})}$$

$$\sigma_{t12} = \frac{1000 \cdot P_{12}}{(4 \cdot A_{g11} + 2 \cdot A_{g12})}$$

$$\tau_{12} = \frac{1000 \cdot Q_{12}}{(4 \cdot A_{W11} + 2 \cdot A_{W12})}$$

$$\sigma_{c12} = \sqrt{(\sigma_{b12} + \sigma_{t12})^2 + 3\tau_{12}^2}$$



上部戸当り（水平補剛材及び鉛直補剛材）が受持つ荷重の例

水平補剛材及び鉛直補剛材の部材力

図 12.7-5 上部戸当りが受持つ荷重の例

12.8 計算条件

「12.7 計算方法」に用いる評価条件を表 12.8-1 に示す。

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10) の強度評価に用いる条件(1/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
扉板	H _{X1}	m	水頭高さ (主桁 1)	11.430
	H _{X2}	m	水頭高さ (主桁 2)	11.900
	H _{X3}	m	水頭高さ (主桁 3)	12.508
	H _{X4}	m	水頭高さ (主桁 4)	13.100
	H _{X5}	m	水頭高さ (主桁 5)	13.400
	t	mm	扉板厚さ	12
	β ₁	—	応力係数 (等分布荷重成分) (n = 1)	0.3800
			応力係数 (等分布荷重成分) (n = 2,3)	0.4100
	β ₂	—	応力係数 (直線分布荷重成分) (n = 1,4)	0.2300
			応力係数 (直線分布荷重成分) (n = 2,3)	0.2500
	c ₁	m	扉板の短辺側の長さ(n = 1~3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n = 4)	0.350
	c ₂	m	扉板の短辺側の長さ(n = 1~3)	0.430
			扉板の短辺側の長さ(n = 4)	0.350
	a ₁	m	主桁ピッチ	0.533
	a ₂	m	主桁ピッチ	0.545
	a ₃	m	主桁ピッチ	0.545
	a ₄	m	主桁ピッチ	0.350
	b ₁	m	縦桁ピッチ	0.430

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価に用いる条件(2/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
扉 板	P_{h1}	kN/m^2	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 1)	115.5
	P_{h2}	kN/m^2	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 2)	120.8
	P_{h3}	kN/m^2	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 3)	126
	P_{h4}	kN/m^2	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 4)	131.8
	P_{h5}	kN/m^2	単位面積当たりの 静水圧荷重(主桁 5)	135.4
	K_S	kN/m^2	単位面積当たりの余震荷重	1.734
	P_1	kN/m^2	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 1)	117.2
	P_2	kN/m^2	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 2)	122.5
	P_3	kN/m^2	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 3)	128.0
	P_4	kN/m^2	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 4)	133.5
	P_5	kN/m^2	単位面積当たりの 作用荷重(主桁 5)	137.1
	$\sigma_{pa 11}$	N/mm^2	扉板に生じる応力 (区画 1, 1)	58.75
	$\sigma_{pa 21}$	N/mm^2	扉板に生じる応力 (区画 2, 1)	66.26
	$\sigma_{pa 31}$	N/mm^2	扉板に生じる応力 (区画 3, 1)	69.15
$\sigma_{pa 41}$	N/mm^2	扉板に生じる応力 (区画 4, 1)	47.27	

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価に用いる条件(3/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (主桁)	L	m	主桁の長さ	1.720
	W ₁	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁 1)	31.69
	W ₂	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 2)	66.03
	W ₃	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 3)	69.73
	W ₄	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 4)	59.97
	W ₅	kN/m	単位面積当たりの作用荷重 (主桁 5)	23.77
	M ₁	kN・m	主桁 1 に生じる曲げモーメント	11.72
	M ₂	kN・m	主桁 2 に生じる曲げモーメント	24.42
	M ₃	kN・m	主桁 3 に生じる曲げモーメント	25.79
	M ₄	kN・m	主桁 4 に生じる曲げモーメント	21.98
	M ₅	kN・m	主桁 5 に生じる曲げモーメント	8.79
	Q ₁	kN	主桁 1 に生じるせん断力	27.25
	Q ₂	kN	主桁 2 に生じるせん断力	56.79
	Q ₃	kN	主桁 3 に生じるせん断力	59.97
	Q ₄	kN	主桁 4 に生じるせん断力	51.11
	Q ₅	kN	主桁 5 に生じるせん断力	20.44
	Z _{x1}	mm ³	断面係数 (主桁 1)	160800
	Z _{x2}	mm ³	断面係数 (主桁 2)	310600
	Z _{x3}	mm ³	断面係数 (主桁 3)	310600
	Z _{x4}	mm ³	断面係数 (主桁 4)	310600
Z _{x5}	mm ³	断面係数 (主桁 5)	160800	

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (4/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (主桁)	A_{W1}	mm^2	せん断断面積 (主桁 1)	1062
	A_{W2}	mm^2	せん断断面積 (主桁 2)	1416
	A_{W3}	mm^2	せん断断面積 (主桁 3)	1416
	A_{W4}	mm^2	せん断断面積 (主桁 4)	1416
	A_{W5}	mm^2	せん断断面積 (主桁 5)	1062
	σ_1	N/mm^2	主桁 1 の曲げ応力	72.83
	σ_2	N/mm^2	主桁 2 の曲げ応力	78.62
	σ_3	N/mm^2	主桁 3 の曲げ応力	83.03
	σ_4	N/mm^2	主桁 4 の曲げ応力	70.77
	σ_5	N/mm^2	主桁 5 の曲げ応力	54.66
	τ_1	N/mm^2	縦桁 1 のせん断応力	25.66
	τ_2	N/mm^2	縦桁 2 のせん断応力	40.11
	τ_3	N/mm^2	縦桁 3 のせん断応力	42.35
	τ_4	N/mm^2	縦桁 4 のせん断応力	36.09
	τ_5	N/mm^2	縦桁 5 のせん断応力	19.25
	σ_{c1}	N/mm^2	主桁 1 の組合せ応力	85.37
	σ_{c2}	N/mm^2	主桁 2 の組合せ応力	104.9
	σ_{c3}	N/mm^2	主桁 3 の組合せ応力	110.8
	σ_{c4}	N/mm^2	主桁 4 の組合せ応力	94.43
	σ_{c5}	N/mm^2	主桁 5 の組合せ応力	64.03

表 12. 8-1 浸水防止扉(TVF-10) の強度評価に用いる条件(5/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	B	m	受圧幅	0.430
	P' ₁	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁1の位置)	50.40
	P' ₂	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁2の位置)	52.68
	P' ₃	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁3の位置)	55.04
	P' ₄	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁4の位置)	57.41
	P' ₅	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (主桁5の位置)	58.95
	P _{a1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁1)	2.28
	P _{a2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁2)	2.36
	P _{a3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁3)	2.37
	P _{a4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (直線分布荷重：縦桁4)	1.54
	P _{b1}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁1)	50.40
	P _{b2}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁2)	52.68
	P _{b3}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁3)	55.04
	P _{b4}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (等分布荷重：縦桁4)	57.41

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (6/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	M'_1	kN・m	縦桁 1 に生じる曲げモーメント	1.831
	M'_2	kN・m	縦桁 2 に生じる曲げモーメント	2.001
	M'_3	kN・m	縦桁 3 に生じる曲げモーメント	2.09
	M'_4	kN・m	縦桁 4 に生じる曲げモーメント	0.891
	Q'_1	kN・m	縦桁 1 に生じるせん断力	3.84
	Q'_2	kN・m	縦桁 2 に生じるせん断力	14.78
	Q'_3	kN・m	縦桁 3 に生じるせん断力	15.43
	Q'_4	kN・m	縦桁 4 に生じるせん断力	10.23
	Z'_{x1}	mm ³	断面係数 (縦桁 1)	48930
	Z'_{x2}	mm ³	断面係数 (縦桁 2)	48930
	Z'_{x3}	mm ³	断面係数 (縦桁 3)	48930
	Z'_{x4}	mm ³	断面係数 (縦桁 4)	48930
	A'_{w1}	mm ²	せん断面積 (縦桁 1)	1242
	A'_{w2}	mm ²	せん断面積 (縦桁 2)	1242
	A'_{w3}	mm ²	せん断面積 (縦桁 3)	1242
	A'_{w4}	mm ²	せん断面積 (縦桁 4)	1242
	σ'_1	N/mm ²	縦桁 1 に生じる曲げ応力	37.42
	σ'_2	N/mm ²	縦桁 2 に生じる曲げ応力	40.90
	σ'_3	N/mm ²	縦桁 3 に生じる曲げ応力	42.69
	σ'_4	N/mm ²	縦桁 4 に生じる曲げ応力	18.21

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (7/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
芯材 (縦桁)	τ'_1	N/mm ²	縦桁 1 に生じるせん断応力	11.14
	τ'_2	N/mm ²	縦桁 2 に生じるせん断応力	11.90
	τ'_3	N/mm ²	縦桁 3 に生じるせん断応力	12.42
	τ'_4	N/mm ²	縦桁 4 に生じるせん断応力	12.237
	σ'_{c1}	N/mm ²	縦桁 1 に生じる組合せ応力	42.11
	σ'_{c2}	N/mm ²	縦桁 2 に生じる組合せ応力	45.80
	σ'_{c3}	N/mm ²	縦桁 3 に生じる組合せ応力	47.81
	σ'_{c4}	N/mm ²	縦桁 4 に生じる組合せ応力	23.13

表 12.8-1 浸水防止扉 (TVF-10) の強度評価に用いる条件 (9/10)

対象部位	記号	単位	定義	数値
上部戸当り (水平補剛材・鉛直補剛材)	h_0	m	水頭高さ (鉛直補剛材)	11.255
	P_0	kN/m ²	鉛直補剛材に作用する静水圧	113.7
	B_{g0}	m		1.536
	P_1	kN/m ²	主桁 1 に作用する荷重	117.2
	W_0	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (鉛直補剛材)	174.6
	W_{11}	kN/m	単位長さ当たりの作用荷重 (鉛直補剛材：主桁 1 の荷重)	180.0
	H_{g0}	m		0.225
	M_{11}	kN・m	鉛直補剛材の曲げモーメント	4.51
	Q_{11}	kN	鉛直補剛材のせん断力	39.89
	L_{g0}	m		0.39
	M_{12}	kN・m	水平補剛材の曲げモーメント	17.79
	Q_{12}	kN	水平補剛材のせん断力	68.09
	P_{12}	kN	水平補剛材の軸力	39.89
	Z_{x11}	cm ³	鉛直補剛材の断面係数 (鉛直補剛材)	8438
	Z_{x12}	cm ³	水平補剛材の断面係数 (水平補剛材)	43350
	A_{s11}	mm ²	鉛直補剛材のせん断断面積 (鉛直補剛材)	675
	A_{s12}	mm ²	水平補剛材のせん断断面積 (水平補剛材)	1530
A_{G11}	mm ²	鉛直補剛材の断面積 (鉛直補剛材)	675	
A_{G12}	mm ²	水平補剛材の断面積 (水平補剛材)	1530	

表 12.8-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価に用いる条件(10/10)

対象 部位	記号	単位	定義	数値
上部 戸 当 り	σ_{b11}	N/mm ²	鉛直補剛材の曲げ応力	89.10
	τ_{11}	N/mm ²	鉛直補剛材のせん断応力	9.85
	σ_{c11}	N/mm ²	鉛直補剛材の組合せ応力	90.50
	σ_{b12}	N/mm ²	水平補剛材の曲げ応力	11.69
	σ_{t12}	N/mm ²	水平補剛材の軸応力	6.90
	τ_{12}	N/mm ²	水平補剛材のせん断応力	11.82
	σ_{c12}	N/mm ²	水平補剛材の組合せ応力	156.00

12.9 評価結果

浸水防止扉(TVF-10)の強度評価結果を表 12.9-1 に示す。浸水防止扉(TVF-10)の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉(TVF-10)が構造強度を有することを確認した。

表 12.9-1 浸水防止扉(TVF-10)の強度評価結果

名称	評価部位	① 発生応力 [N/mm ²]	② 許容応力 [N/mm ²]	①/② 検定比
浸水防止扉 TVF-10	扉板	70	235	0.30
	主桁	111	235	0.48
	縦桁	48	235	0.21
	戸当り横桁	156	235	0.67

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟
浸水防止設備（浸水防止扉）の耐震性についての計算書

1. 概要

本資料は、核燃料サイクル工学研究所 再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書 別添 6-1-3-3「I ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟の津波防護に関する施設の設計方針」(令02原機(再)020)に基づき、廃止措置計画用設計地震動(以下「設計地震動」という)による地震力(以下「設計地震力」という)に対して、ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟に設置している浸水防止設備の構造強度の評価結果を示すものである。

設計津波が到達する建家の開口部に設置している浸水防止設備(浸水防止扉 TVF-1, 浸水防止扉 TVF-2, 浸水防止扉 TVF-3, 浸水防止扉 TVF-4, ガラリ延長ダクト TVF-5, 浸水防止扉 TVF-6, 浸水防止扉 TVF-7, ガラリ延長ダクト TVF-8, 窓遮へい板 TVF-9及び浸水防止扉 TVF-10)について評価を行う。

浸水防止扉であるTVF-1～4, TVF-6, TVF-7は、通常が閉状態であることから閉の状態での耐震評価を行う。浸水防止扉 TVF-10は、通常時が開状態であることから、開及び閉のそれぞれの状態について耐震評価を行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における浸水防止設備の設置位置図を図2-1-1に示す。



図2-1-1 浸水防止設備の設置位置図
(ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟)

2.2 構造概要

浸水防止扉(TVF-1～4, 6, 7, 10)は、片開型又は横引型の鋼製扉であり、扉板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配した構造である。扉枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-5)は、排気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。排気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は排気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

ガラリ延長ダクト(TVF-8)は、給気口ボックス、ダクト配管及びダクトカバーから構成される。給気口ボックスは鋼製の箱であり、板の背面に芯材(主桁及び縦桁)を配し、外枠をアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。ダクト配管は給気口ボックスとダクトカバーを連結する配管であり、リングガードをアンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。また、ダクトカバーは鋼製の箱であり、外枠をアンカーボルトで建家壁面に固定する構造である。

窓遮へい板(TVF-9)は、扉板の背面に芯材(主桁)を配した構造である。枠は、アンカーボルトにより建家壁面に固定する構造である。

2.3 評価方針

浸水防止設備の耐震評価は、表2-3-1に示すとおり構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性評価は、「別添1 固有周期」にて算出する固有振動数に基づく設計地震力による応力が許容限界内に収まることを各浸水防止設備の構造強度評価に示す方法にて確認することで実施する。

浸水防止設備の耐震評価フローを図2-3-1に示す。評価部位は、浸水防止扉の構造上の特徴を踏まえ、地震及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮して設定する。

表2-3-1 浸水防止設備の耐震評価項目

評価方針	評価項目	地震力	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	設計地震動	各浸水防止設備の「評価部位」にて設定する部位	発生応力が許容限界を超えないことを確認する	短期許容応力

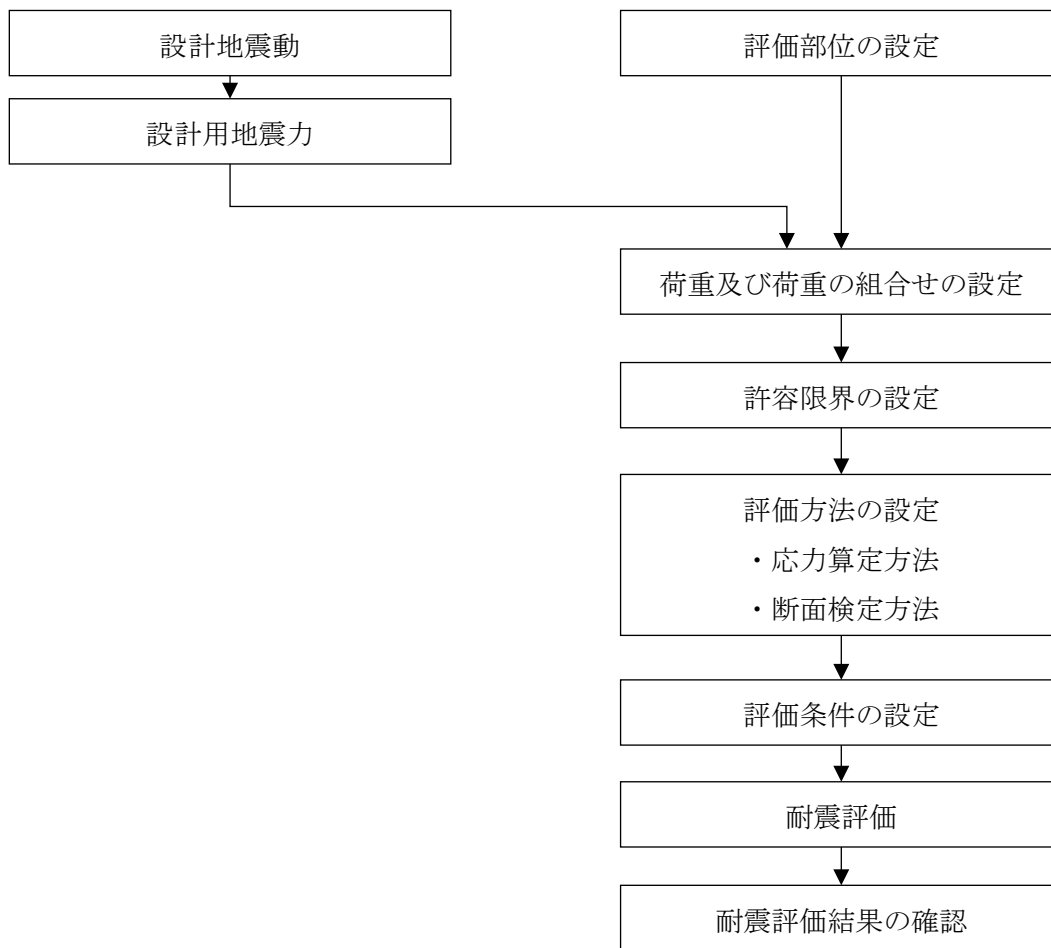


図2-3-1 浸水防止設備の耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法・同施行令
- (2) 鋼構造設計規準 —許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補—1984
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和59年9月）
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601—1987
（日本電気協会電気技術基準調査委員会昭和62年8月）
- (5) 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601—1991追補版）
（日本電気協会電気技術基準調査委員会 平成3年6月）
- (6) 国土交通省告示第314号（平成18年2月28日）
- (7) 国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針
（平成18年7月7日）

3. 浸水防止扉(TVF-1)
省略
4. 浸水防止扉(TVF-2)
省略
5. 浸水防止扉(TVF-3)
省略
6. 浸水防止扉(TVF-4)
省略
7. ガラリ延長ダクト(TVF-5)
省略
8. 浸水防止扉(TVF-6)
省略
9. 浸水防止扉(TVF-7)
省略
10. ガラリ延長ダクト(TVF-8)
省略
11. 窓遮へい板(TVF-9)
省略
12. 浸水防止扉(TVF-10)の閉状態評価結果
省略
13. 浸水防止扉(TVF-10)の開状態評価結果
省略
14. 浸水防止扉(TVF-10)の閉状態補強後の評価結果
資料-1
15. 浸水防止扉(TVF-10)の開状態補強後の評価結果
省略

14. 浸水防止扉 (TVF-10) の閉状態補強後の評価結果

14.1 記号の説明

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号を表14-1-1に示す。

表14-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号 (1/3)

記号	定義	単位
G	浸水防止扉 (TVF-10) の固定荷重	t
G _D	浸水防止扉 (TVF-10) の扉体荷重	t
G _F	浸水防止扉 (TVF-10) の戸当り荷重	t
P	積載荷重	kN
K _s	地震荷重	kN
K	設計震度	—
g	重力加速度	m/s ²
t	扉板の板厚	mm
B ₁	締付金具の金具幅	mm
B ₂	締付金具の金切欠き幅	mm
B ₃	締付金具の支点から荷重作用点までの距離	mm
S _S	基準地震動	—
K _H	水平方向設計震度	—
K _V	鉛直方向設計震度	—
P _H	水平方向地震力 (TVF-10)	kN
P _V	鉛直方向地震力 (TVF-10)	kN
F _Z	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重 (TVF-10)	kN
F _X	ヒンジ部に作用するX方向荷重 (TVF-10)	kN
L _a	ヒンジ中心間距離 (TVF-10)	mm
L _b	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離 (TVF-10)	mm
τ _{hp}	ヒンジピンに発生するせん断応力 (TVF-10)	N/mm ²
F _{XZ}	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力 (TVF-10)	kN
A _{PS}	ヒンジピンのせん断断面積 (TVF-10)	mm ²
A _P	ヒンジピンの断面積 (TVF-10)	mm ²
σ _b	ヒンジボルトに発生する引張応力 (扉体側) (TVF-10)	N/mm ²
τ _b	ヒンジボルトに発生するせん断応力 (扉体側) (TVF-10)	N/mm ²
n _i	ヒンジボルトの本数 (扉体側) (TVF-10)	本
A _S	ヒンジボルトの有効断面積 (TVF-10)	mm ²
σ _{rb}	締付金具に発生する曲げ応力 (TVF-10)	N/mm ²

表14-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号 (2/3)

記号	定義	単位
Z_r	締付金具の断面係数 (TVF-10)	mm^3
τ_{rs}	締付金具に発生するせん断応力 (TVF-10)	N/mm^2
A_{rs}	締付金具のせん断断面積 (TVF-10)	mm^2
A_r	締付金具の断面積 (TVF-10)	mm^2
σ_r	締付金具に発生する組合せ応力 (TVF-10)	N/mm^2
F	基準強度	—
f_t	許容引張応力	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力	N/mm^2
f_s	許容せん断応力	N/mm^2
T_a	アンカーボルトの引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
T_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
T_{a2}	コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
T_{a3}	コンクリートの付着破壊により決まる引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
σ_y	アンカーボルトの降伏強度	N/mm^2
a_0	アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工を考慮)	mm^2
σ_B	コンクリートの圧縮強度	N/mm^2
A_c, A_{cb}, A_{ca}	コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積	mm^2
l_e	アンカーボルトの有効埋め込み長さ	mm
l	アンカーボルトの埋め込み長さ (穿孔長)	mm
d_a	アンカーボルトの呼び径	mm
b	コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離 (はしあき)	mm
a	隣接アンカーボルトのピッチ (最小値) (へりあき)	mm
A'_a, A'_{cb}	欠損面積	mm^2
T_{as}	あと施工アンカーを用いた接合部 (1本あたり) の短期許容引張耐力	$\text{kN}/\text{本}$
T_a	アンカーボルトのせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
Q_{a1}	アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
Q_{a2}	コンクリートの支圧により決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
Q_{a3}	上限値より決まるせん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
$s_a c$	アンカーボルトの公称断面積	mm^2
E_c	コンクリートのヤング係数	N/m^2
Q_{as}, Q'_{as}	短期許容せん断耐力	$\text{kN}/\text{本}$
ϕ_s	低減係数 (短期=0.6)	—

表14-1-1 浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる記号 (3/3)

記号	定義	単位
A_{cl}	有効投影面積 (はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合)	mm^2
P_{Ha}	アンカーボルトに作用する引張力	kN
P_{Va}	アンカーボルトに作用するせん断力	kN
P_h	津波により扉体にかかる強度計算荷重	kN
n_a	アンカーボルトの本数 (強度評価対象)	本

DRAFT

14.2 評価部位

評価対象部位は、浸水防止扉（TVF-10）の構造上の特徴を踏まえ選定する。

浸水防止扉（TVF-10）は、扉体本体（扉板及び芯材）、扉体部品（ヒンジ、扉支持金具及び締結金具）及びアンカーボルトから構成される。

浸水防止扉（TVF-10）に生じる地震に伴う荷重は、扉板から芯材（主桁及び縦桁）、芯材から枠体に伝達される。また、枠体はアンカーボルトにより壁と一体化しており荷重は躯体に伝わる。

扉板本体については、津波荷重に対して十分な強度を有することを確認している（別添2参照）。一方、地震荷重は津波荷重と比較して極めて小さいことから、応力計算による耐震評価は行わず、荷重の比較により耐震強度を有することを確認する。

浸水防止扉（TVF-10）を構成する部品類であるヒンジピン、ヒンジボルト、扉支持金具、締結金具及びアンカーボルトについては、地震による扉の振動により荷重を受けることから、応力計算を行い、強度評価を行う。

浸水防止扉（TVF-10）の構造図を図14-2-1に示す。扉体部品への地震荷重の作用イメージ及び評価対象部位を図14-2-2に、アンカーボルトの位置及び評価部位を図14-2-3に示す。

DRAFT

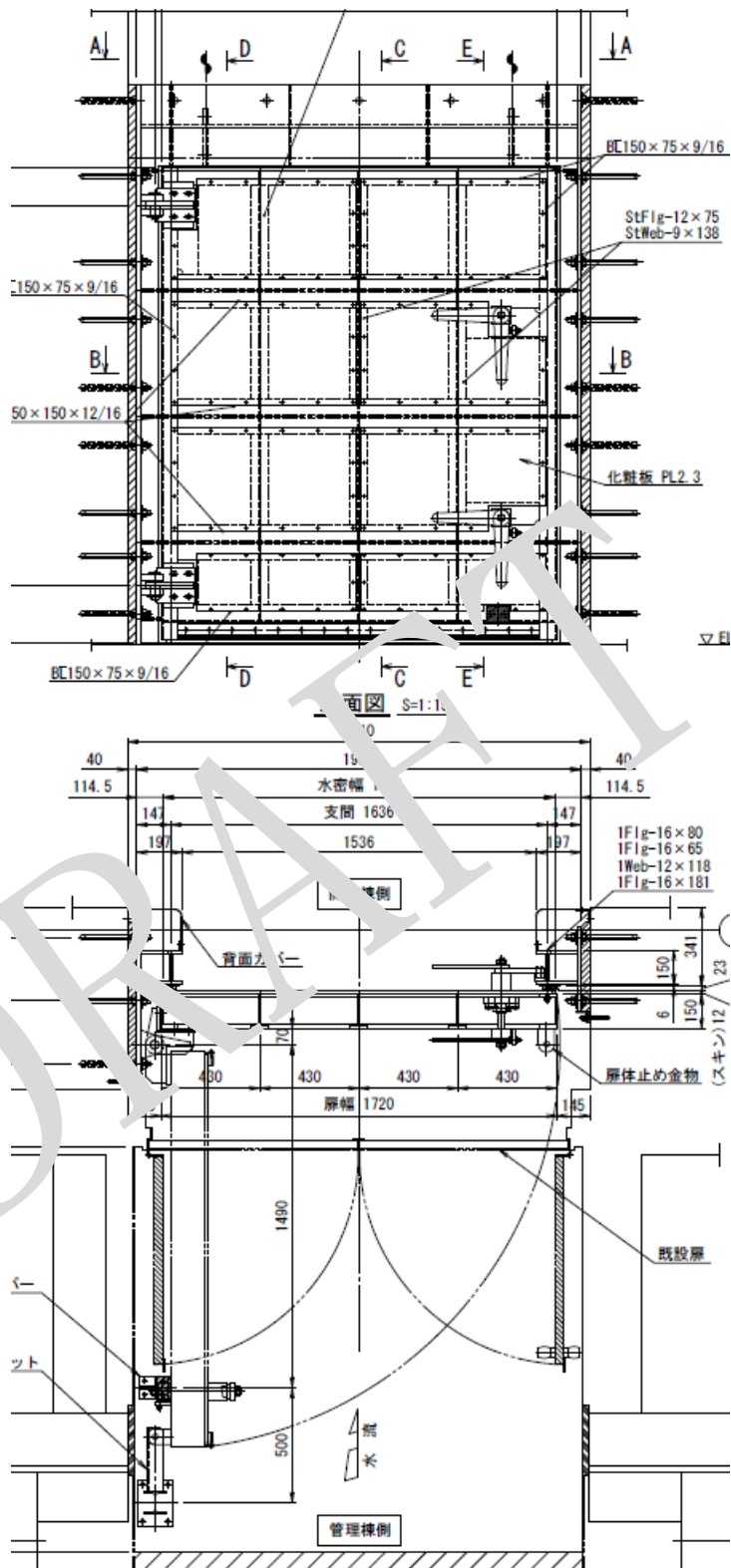


図14-2-1 浸水防止扉 (TVF-10) の構造図

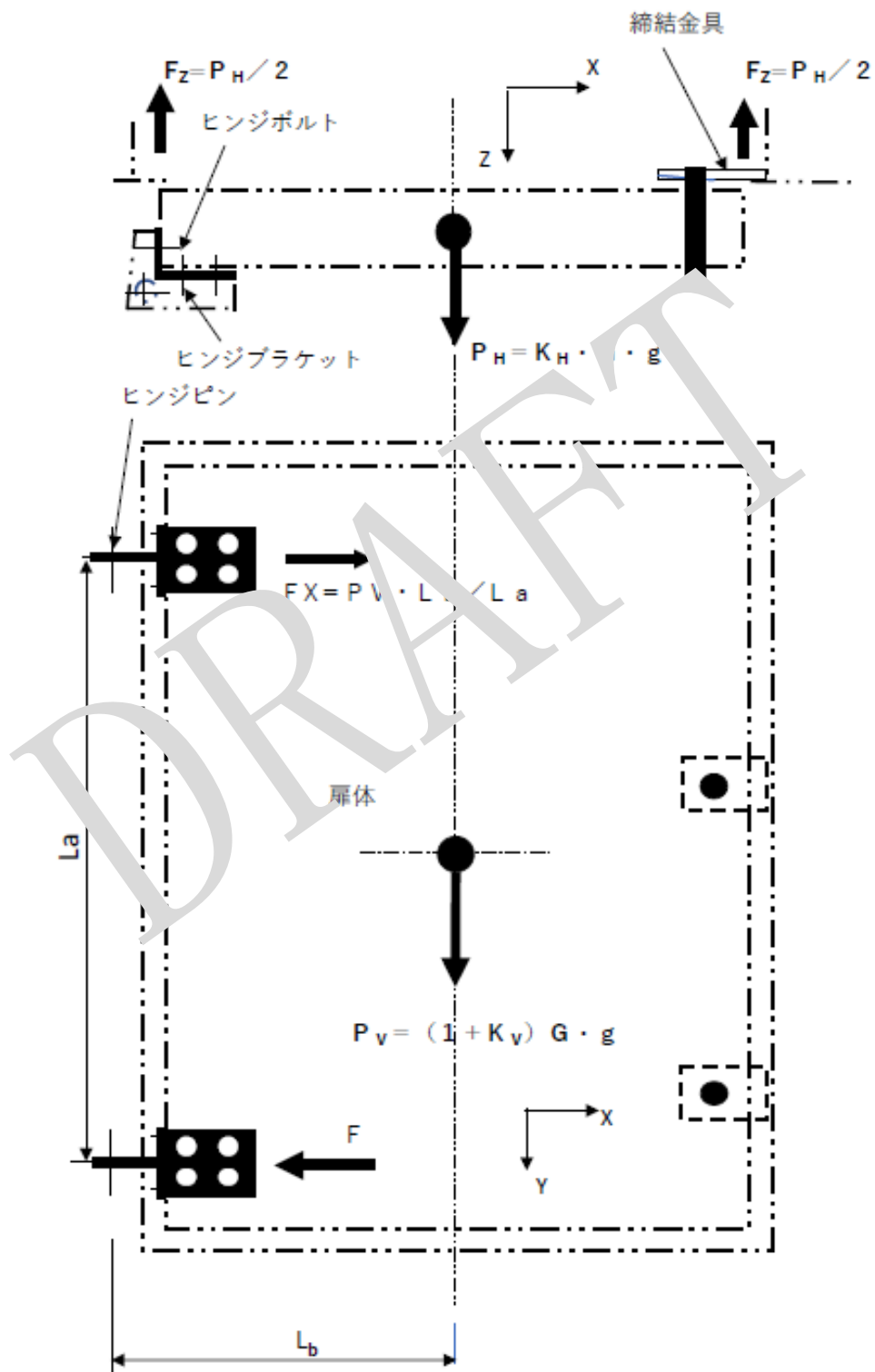


図14-2-2 浸水防止扉 (TVF-10) 閉止時の地震荷重の作用イメージと評価対象部位

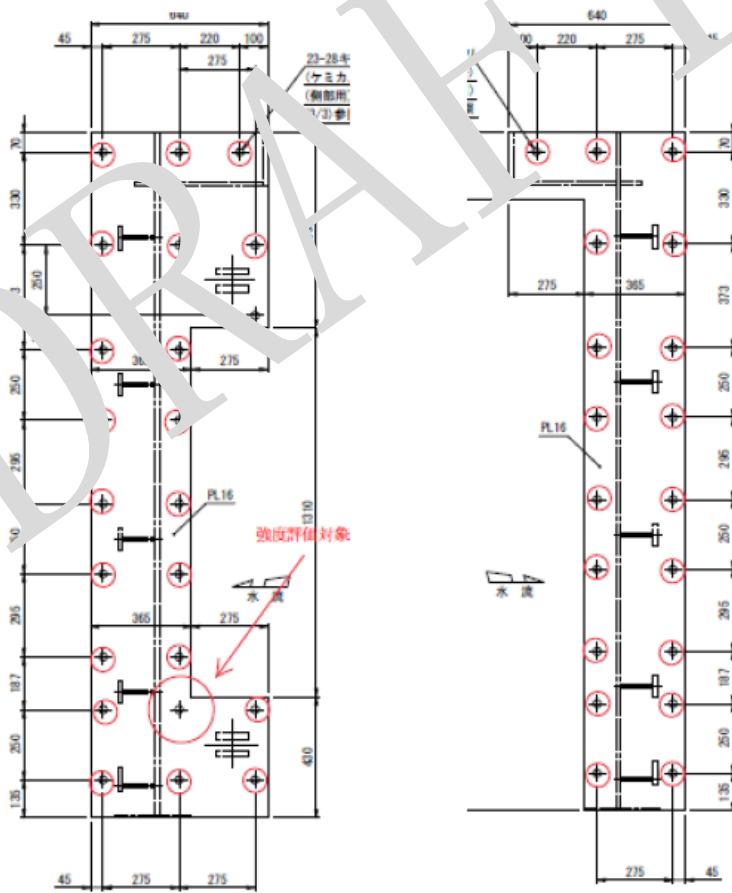
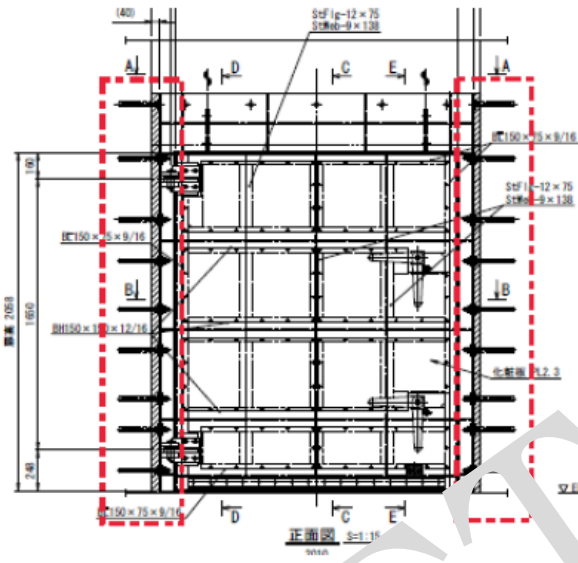


図14-2-3 浸水防止扉（TVF-10）アンカーボルト位置と評価対象

14.3 構造強度評価方法

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価は、「14.2 評価部位」に示す評価部位に対し、「14.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「14.5 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「14.7 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

14.4 荷重及び荷重の組合せ

(1) 耐震評価上考慮する荷重

浸水防止扉 (TVF-10) の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

- G : 浸水防止扉 (TVF-10) の固定荷重
- G_D : 浸水防止扉 (TVF-10) の扉体荷重
- G_F : 浸水防止扉 (TVF-10) の戸当り荷重
- P : 積載荷重
- K_s : 地震荷重

浸水防止扉 (TVF-10) は、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

(2) 荷重の設定

a. 固定荷重(G)

浸水防止扉 (TVF-10) の自重を表14-4-1に示す。

表14-4-1 浸水防止扉 (TVF-10) の自重

扉名称	固定荷重G	
	扉体G _D [t]	戸当りG _F [t]
浸水防止扉 (TVF-10)	1.0	1.0

b. 地震荷重(K_s)

地震荷重として、設計地震力に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は、浸水防止扉の固定荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

$$K_s = G \cdot K \cdot g$$

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に不利な方向に作用するものとして、絶対値和法により評価する。

(3) 荷重の組合せ

浸水防止扉 (TVF-10) に作用する荷重の組合せを表14-4-2に示す。

表14-4-2 浸水防止扉 (TVF-10) の荷重の組合せ

部位	荷重の組合せ
浸水防止扉 (TVF-10) 部品	G _D + K _s
アンカーボルト	G _D + G _F + K _s

14.5 使用材料及び許容限界

浸水防止扉 (TVF-10) を構成する部材のうち、耐震評価を行う部位である扉板、芯材、ヒンジ部、アンカーボルトの使用材料を表14-5-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-5-1に示す。

(1) 使用材料

浸水防止扉 (TVF-10) を構成する扉板、芯材及びヒンジ部の使用材料を表14-4-1、ヒンジ部の締結金具の形状を図14-4-2に示す。

表14-4-1 使用材料

部位		材質	仕様[mm]
扉板		SM400A	1973×1720×t12
芯材	主桁 (上段及び下段)	SM400A	C150×75×9×16
	主桁 (中間)	SM400A	H150×150×12×16
	縦桁	SM400A	C150×75×9×12*
上部 戸当り	鉛直/水平補剛材	SM400A	PL9×75
	水平補剛材	SM400A	PL9×170
ヒンジ部	ヒンジピン	SUS304	φ30
	取付ボルト	SUS304	M12
	締結金具	SM490A	5(B ₁)×26(B ₂)×163(B ₃)×t19
戸当り	アンカーボルト	SUS304	M20×180L

※ t は板厚，φ は径，M は呼び径，L は穿孔長を示す。

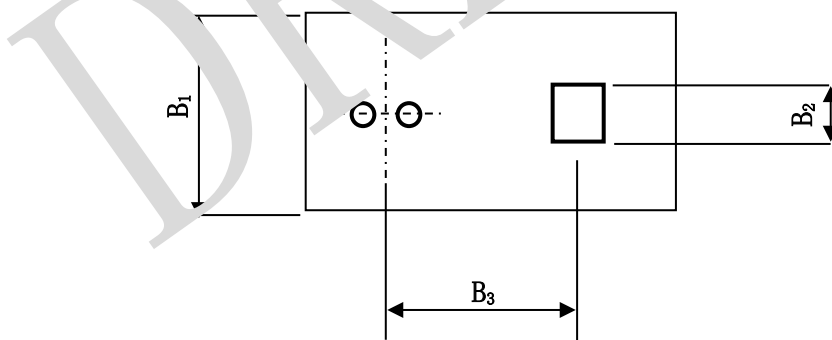


図14-4-2 締結金具の形状 (浸水防止扉 (TVF-10))

(2) 許容限界

a. 扉板、芯材及びヒンジ部

ヒンジ部及び扉支持金具の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005改定）」を踏まえて表14-3-2の値とする。

表14-3-2 許容限界

材料	短期許容応力 [N/mm ²]	
	曲げ	せん断
SUS304 ^{※1}	205	118
SM400A ^{※2}	235	135
SM490A ^{※2}	315	181

※1 許容応力度を決定する場合の基準強度 F_t の値は、「JIS G 4303：20 ステンレス鋼棒」，「JIS G 4304：2012 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」に基づく。

※2 許容応力度を決定する場合の基準強度 F_t の値は、「JIS G 3106：2015 溶接構造用圧延鋼板及び鋼帯」，「鋼構造設計規準 溶接構造用 ($t \leq 40\text{mm}$)」に基づく。

b. アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「国住指第1015号 あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工設計指針」（平成13年7月7日）に基づく。

14.6 評価用地震力

浸水防止設備 TVF-1, TVF-2, TVF-3, TVF-4, TVF-5, TVF-6, TVF-7, TVF-8, TVF-9, TVF-10の固有周期が0.05秒以下であることを確認したため、ガラス固化技術開発施設（TVF）浸水防止扉の耐震評価で用いる震度は、添付資料6-1-2-5-2「ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家の地震応答計算書」に基づいて設定した水平震度及び鉛直震度を1.2倍して用いる。評価の対象である浸水防止扉（TVF-10）は1階に設置されているが、保守側の評価となるよう3階の加速度を参照する。評価に用いる震度を表12-6-1に示す。

表14-6-1 浸水防止扉(TVF-10)の耐震計算で用いる震度

地震動	設置場所及び床面高さ [m]	地震による設計震度	
		基準地震動 S_s	ガラス固化技術開発施設 (TVF) 3階
		鉛直方向 K_V	0.79

DRAFT

14.7 計算方法

扉体（扉板、主桁及び縦桁）について、設計地震力が津波による波力を下回る場合は、耐津波強度評価に包含されるため検討を省略する。設計地震力が津波による波力を上回る場合は、発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

扉体部品（ヒンジピン、ヒンジボルト、締結金具及び扉支持金具）及びアンカーボルトについては、設計地震力から各部材の発生応力を算定し、許容限界以内であることを確認する。

(1) 荷重算定

① 水平方向地震力 P_H

$$P_H = K_H \cdot G_D \cdot g$$

② 扉体自重及び鉛直方向地震力 P_V

$$P_V = (1 + K_V) \cdot G_D \cdot g$$

③ ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重 F_Z

$$F_Z = \frac{P_H}{2}$$

④ ヒンジ部に作用するX方向荷重 F_x

$$F_x = \frac{P_V \cdot L_v}{L_a}$$

(2) 応力算定

① ヒンジピンに発生するせん断応力 τ_{hp}

$$F_{xz} = \sqrt{F_x^2 + \left(\frac{F_Z}{2}\right)^2}$$

$$\tau_{hp} = \frac{1000F_{xz}}{A_{ps}}$$

$$A_{ps} = \frac{3}{4}A_p$$

(機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

② ヒンジボルトに発生する引張応力 σ_b 及び せん断応力 τ_b

・扉体正面

$$\sigma_{b1} = \frac{1000F_Z}{n_1 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b1} = \frac{1000F_x}{n_1 \cdot A_s}$$

・扉体側面

$$\sigma_{b2} = \frac{1000F_x}{n_2 \cdot A_s}$$

$$\tau_{b2} = \frac{1000F_z}{2n_2 \cdot A_s}$$

③ 締付金具に発生する応力

・曲げ応力

$$\sigma_{rb} = \frac{1000F_z \cdot B_3}{2Z_r}$$

・せん断応力

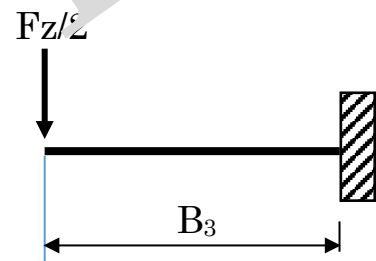
$$\tau_{rs} = \frac{1000F_z}{2A_{rs}}$$

$$A_{rs} = \frac{2}{3}A_s$$

(※ 機械工学便覧 A3編 材料力学 3.8 せん断力によるはりの応力とたわみ)

・組合せ応力

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{rb}^2 + 3\tau_{rs}^2}$$



12.8 許容応力

(1) ヒンジピン，ヒンジボルト，扉支持金具（取付ボルトを除く）及び締結金具

「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会，2005改定」を踏まえて材料の耐力及び引張強さの70%のいずれかの小さい数値を基準強度 F として、許容応力は以下とする。

a. 許容引張応力及び許容曲げ応力

$$f_t = f_b = F$$

b. 許容せん断応力

$$f_s = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

(2) アンカーボルト

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき引張耐力及びせん断耐力を算出する。

a. 引張耐力

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

T_a : 引張耐力

$$T_{a1} = \sigma_y a_0$$

T_{a1} : アンカーボルトの鋼材により決まる引張耐力

σ_y : アンカーボルトの降伏強度

a_0 : アンカーボルトの有効断面積（ねじ加工を考慮）

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$A_c = \pi l_e (l_e + d_a)$$

$$l_e = l - d_a$$

T_{a2} : コンクリートのコーン破壊により決まる引張耐力

σ_B : コンクリートの圧縮強度

A_c : コンクリートのコーン破壊面の有効水平投影面積

l_e : アンカーボルトの有効埋め込み長さ

l : アンカーボルトの埋め込み長さ（穿孔長）

d_a : アンカーボルトの呼び径

コンクリート開放端からアンカーボルトの中心距離（はしあき） b がアンカーボルト穿孔長を下回る場合、すなわち、 $b < l$ の場合、 A_c に替え A_{cb} を使用して T_{a2} を算出す

る。

$$T_{a2} = 0.23\sqrt{\sigma_B} \cdot A_{cb}$$

$b < l$ の場合, $A_c \rightarrow A_{cb}$

$$\theta_b = 2 \cos^{-1} \left(\frac{b}{l_e + \frac{d_a}{2}} \right) \quad \text{ただし, } \theta_b [^\circ]$$

$$A_{cb} = 0.5 \left(2\pi - \frac{\theta_b}{180} \pi + \sin \theta_b \right) \left(l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \pi d_a^2$$

はしあきによる欠損面積 A'_b は、以下の通り算出する。

$$A'_b = 0.5 \left(\frac{\theta_b}{180} \pi - \sin \theta_b \right) \left(l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2$$

隣接アンカーボルトのピッチ(最小値)が $2(l_e + \frac{d_a}{2})$ を下回る場合、すなわち、 $\frac{a}{2} < (l_e + \frac{d_a}{2})$ の場合も A_c に替え A_{ca} を使用して T_{a2} を算出する。

$$\theta_a = 2 \cos^{-1} \left(\frac{a}{2l_e + d_a} \right) \quad \text{ただし, } \theta_a [^\circ]$$

$$A_{ca} = 0.5 \left(2\pi - \frac{\theta_a}{180} \pi + \sin \theta_a \right) \left(l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2 - \frac{1}{4} \pi d_a^2$$

アンカーボルトが近接することによる欠損面積 A'_a は、以下の通り算出する。

$$A'_a = 0.5 \left(\frac{\theta_a}{180} \pi - \sin \theta_a \right) \left(l_e + \frac{d_a}{2} \right)^2$$

T_{a2} については、はしあき及びアンカーボルトの近接による有効水平投影面積が最小のアンカーボルト1本あたりの引張耐力として強度評価を行う。

$$T_{a3} = 10 \sqrt{\left(\frac{\sigma_B}{21} \right)} \cdot \pi d_a l_e$$

T_{a3} : コンクリートの付着破壊より決まる引張耐力

$$T_{as} = \frac{2}{3} T_a \quad (T_a \text{ が } T_{a2} \text{ 又は } T_{a3} \text{ で決まる場合})$$

$$T_{as} = T_a \quad (T_a \text{ が } T_{a1} \text{ で決まる場合})$$

T_{as} : あと施工アンカーを用いた接合部 (1本あたり) の短期許容引張耐力

b. せん断耐力 $Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$
 $Q_a = \min(Q_{a1}, Q_{a2}, Q_{a3})$

Q_a : アンカーボルトのせん断耐力

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \times s a_c$$

Q_{a1} : アンカーボルトの降伏により決まるせん断耐力

σ_y : アンカーボルトの降伏強度

$s a_c$: アンカーボルトの公称断面積

$$Q_{a2} = 0.4\sqrt{E_c \cdot \sigma_B} \times s a_c$$

Q_{a2} : コンクリートの支圧により決まるせん断耐力

E_c : コンクリートのヤング係数

σ_B : コンクリートの圧縮強度

$$Q_{a3} = 294 \times s a_c$$

Q_{a3} : 上限値より決まるせん断耐力

$$Q_{as} = Q_a / 1.5$$

Q_{as} : 短期許容せん断耐力

はしあきがアンカーボルトの有効埋込み長さ未満の場合は、以下の式で短期許容耐力を算出する。

$$Q'_{as} = 0.6 \sqrt{10} \cdot \sigma_y \times A_{cl} / 10$$

ただし、

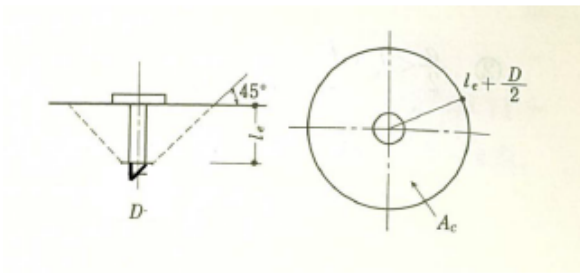
0.6 : 低減係数 (短期 = 0.6)

A_{cl} : 有効投影面積 ($= \frac{1}{2} \pi a^2$)

この場合は

$$Q_{as} = \min(Q_{as}, Q'_{as})$$

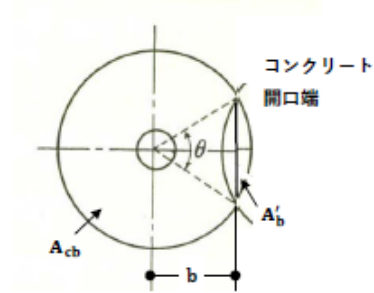
引張耐力及びせん断耐力を算出する際の、水平有効投影面積及び有効投影面積を図14-8-1に示す。



有効水平投影面積

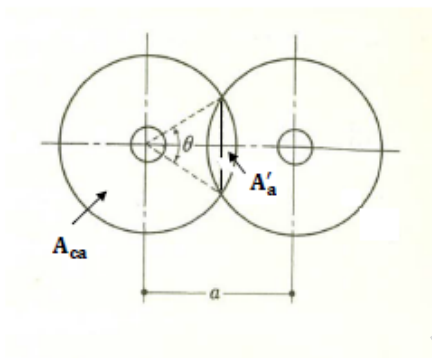
(アンカーボルト間隔；標準ピッチ以上)

(はしあき；有効埋込み長さ以上)



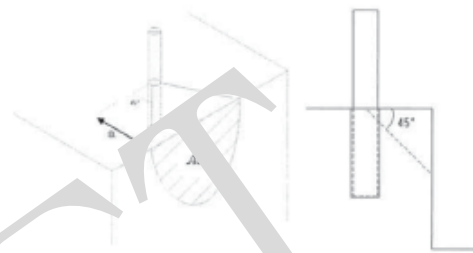
有効水平投影面積

(はしあき；有効埋込み長さ未満)



有効水平投影面積

(アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満)



有効投影面積

(アンカーボルト間隔；標準ピッチ未満)

図1. 8-1 有効水平投影面積及び投影面積図

DRAFT

14.9 計算条件

「14.7 計算方法」に用いる評価条件を表14-9-1に示す。

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-10)）（1/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
扉自重	G_D	ton	扉体	1.0
	G_F	ton	戸当り	1.0
震度	K_H	—	水平方向設計震度	1.12
	K_V	—	鉛直方向設計震度	0.79
地震荷重	P_H	kN	扉体にかかる水平方向地震力	11.57
	P_V	kN	扉体自重及び鉛直方向地震力	17.55
	F_Z	kN	ヒンジ部及び締結金具に作用するZ方向荷重	5.785
	F_X	kN	ヒンジ部に作用するX方向荷重	9.434
	P_{Ha}	kN	アンカーボルトに作用する引張力	21.97
	F_s	kN	アンカーボルトに作用するせん断力	35.11
強度計算荷重	P	kN	津波により扉体にかかる強度計算荷重	425.7
ヒンジ	L_a	mm	ヒンジ中心間距離	1650
	L	mm	扉体中心からヒンジまでの水平方向距離	887
ヒンジピン	A_p	mm ²	断面積	706.9
	A_{ps}	mm ²	せん断断面積	530.2
	F_{xz}	kN	ヒンジ部に作用するX方向とZ方向荷重の合力	9.867
ヒンジボルト	n_1	本	本数（扉体正面）	4
	n_2	本	本数（扉体側面）	2
	A_s	mm ²	有効断面積	84.3
締結金具	B_3	mm	支点から荷重作用点までの距離	163
	A_{rs}	mm ²	せん断断面積	494
	A_r	mm ²	断面積	741
	Z_r	mm ³	断面係数	2346.5
アンカーボルト	n_a	本	本数（強度評価対象）	42
	l	mm	埋め込み長さ（穿孔長）	130
	d_a	mm	呼び径	16
	l_e	mm	有効埋め込み長さ	114

表14-9-1 耐震評価に用いる条件（浸水防止扉(TVF-10)）（2/2）

記号	単位	定義	数値
σ_y	N/mm ²	アンカーボルトの降伏強度	205
a_0	mm ²	アンカーボルトの有効断面積 (ねじ加工を考慮)	245
σ_B	mm ²	コンクリートの圧縮強度	20.6
E_C	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	2.15E+04
s^{a_c}	mm ²	アンカーボルトの公称断面積	314
a_1	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	187
a_2	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	250
a_3	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
a_4	mm	隣接アンカーボルトのピッチ	275
A_c	mm ²	コンクリートのコンクリート表面の有効水圧 投影面積	59414
T_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる 引張耐力	50.2
T_{a2}	kN	コンクリートのコンクリート破壊により決まる 引張耐力	62.0
T_{a3}	kN	コンクリートの付着破壊により決まる 引張耐力	99.6
Q_{a1}	kN	アンカーボルトの降伏により決まる せん断耐力	45.1
Q_{a2}	kN	コンクリートの支圧により決まる せん断耐力	83.7
Q_{a3}	kN	上限値より決まるせん断耐力	92.3

14.10 評価結果

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる耐震計算荷重と耐津波強度計算荷重の比較を行った結果を表14-10-1に示す。また、浸水防止扉（TVF-10）の各部材及びアンカーボルトの評価結果をそれぞれ表14-10-2及び表14-10-3に示す。

浸水防止扉（TVF-10）の扉体にかかる荷重は耐津波強度計算荷重に比べて極めて小さく、強度計算で十分な強度を有することが確認されていることから、耐震性も有する。

浸水防止扉（TVF-10）の各部材にかかる発生応力は許容限界値以下であることから、浸水防止扉（TVF-10）が構造強度を有することを確認した。

表14-10-1 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（扉体）

耐震計算荷重 [kN]	強度計算荷重 [kN]	耐震強度荷重比
11.6	426	0.03

表14-10-2 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（部品類）

評価対象部位	発生応力 [N/mm ²]	許容応力 [N/mm ²]	応力比
ヒンジピン	19	118	0.17
ヒンジボルト	扉体正面	205	0.05
	扉体後面	205	0.28
締結金具	192	315	0.61

表14-10-3 浸水防止扉（TVF-10）の評価結果（アンカーボルト）

応力	発生荷重 [kN/本]	許容耐力 [kN/本]	耐力比
引張	0.6	50.2	0.02
せん断	0.8	30.0	0.03