

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-12_改8
提出年月日	2021年11月15日

補足-610-12 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての
計算書に関する補足説明資料

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 第3号機海水熱交換機建屋に対する平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震等の影響

別紙 1-1 第3号機海水熱交換機建屋の東北地方太平洋沖地震等に対する構造的影響評価（点検結果）

別紙 1-2 東北地方太平洋沖地震等に対する第3号機海水熱交換器建屋のシミュレーション解析

別紙 2 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 3 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 4 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 5 浸水防護施設を支持する部位等の評価についての補足説明資料

別紙 5-1 鉄筋ひずみの平均化について

別紙 5-2 壁に作用する水平方向地震時の慣性力の影響について

別紙 5-3 ペントハウスについての補足説明資料

別紙 5-4 浸水防護施設を支持する部位等の余震時の評価について

別紙 6 浸水に対する境界躯体の止水性について

 本日の説明範囲

別紙 5 浸水防護施設を支持する部位等の評価についての
補足説明資料

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書 別紙

1 浸水防護施設を支持する部位等の評価」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 5-1 鉄筋ひずみの平均化について

別紙 5-2 壁に作用する水平方向地震時の慣性力の影響について

別紙 5-3 ペントハウスについての補足説明資料

別紙 5-4 浸水防護施設を支持する部位等の余震時の評価について

 本日の説明範囲

別紙 5-4 浸水防護施設を支持する部位等の余震時の評価について

目 次

1. 概要.....	別紙 5-4- 1
2. 基本方針.....	別紙 5-4- 2
2.1 構造概要.....	別紙 5-4- 2
2.2 評価方針.....	別紙 5-4- 5
3. 浸水防護施設を支持する部位等の応力解析による評価.....	別紙 5-4- 6
3.1 評価フロー.....	別紙 5-4- 6
3.2 評価対象部位.....	別紙 5-4- 7
3.3 荷重及び荷重の組合せ.....	別紙 5-4- 8
3.3.1 荷重.....	別紙 5-4- 8
3.3.2 荷重の組合せ.....	別紙 5-4-16
3.4 解析モデル及び諸元.....	別紙 5-4-16
3.4.1 モデル化の基本方針.....	別紙 5-4-16
3.4.2 材料構成則.....	別紙 5-4-21
3.5 評価方法.....	別紙 5-4-24
3.5.1 応力解析方法.....	別紙 5-4-24
3.5.2 断面の評価方法.....	別紙 5-4-24
3.6 評価結果.....	別紙 5-4-26
4. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋を支持する壁の評価.....	別紙 5-4-39
4.1 評価対象部位.....	別紙 5-4-39
4.2 荷重及び荷重の組み合わせ.....	別紙 5-4-41
4.2.1 入力荷重.....	別紙 5-4-41
4.2.2 S s 地震時と余震時の荷重比較.....	別紙 5-4-42
4.3 評価結果.....	別紙 5-4-42
5. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋等を支持する 片持ちスラブの評価.....	別紙 5-4-43
5.1 評価対象部位.....	別紙 5-4-43
5.2 荷重及び荷重の組み合わせ.....	別紙 5-4-45
5.2.1 入力荷重.....	別紙 5-4-45
5.2.2 荷重の組み合わせ.....	別紙 5-4-46
5.3 解析モデル及び諸元.....	別紙 5-4-47
5.3.1 解析モデル.....	別紙 5-4-47
5.3.2 使用材料の物性値.....	別紙 5-4-49
5.4 評価方法.....	別紙 5-4-49
5.4.1 応力解析方法.....	別紙 5-4-49

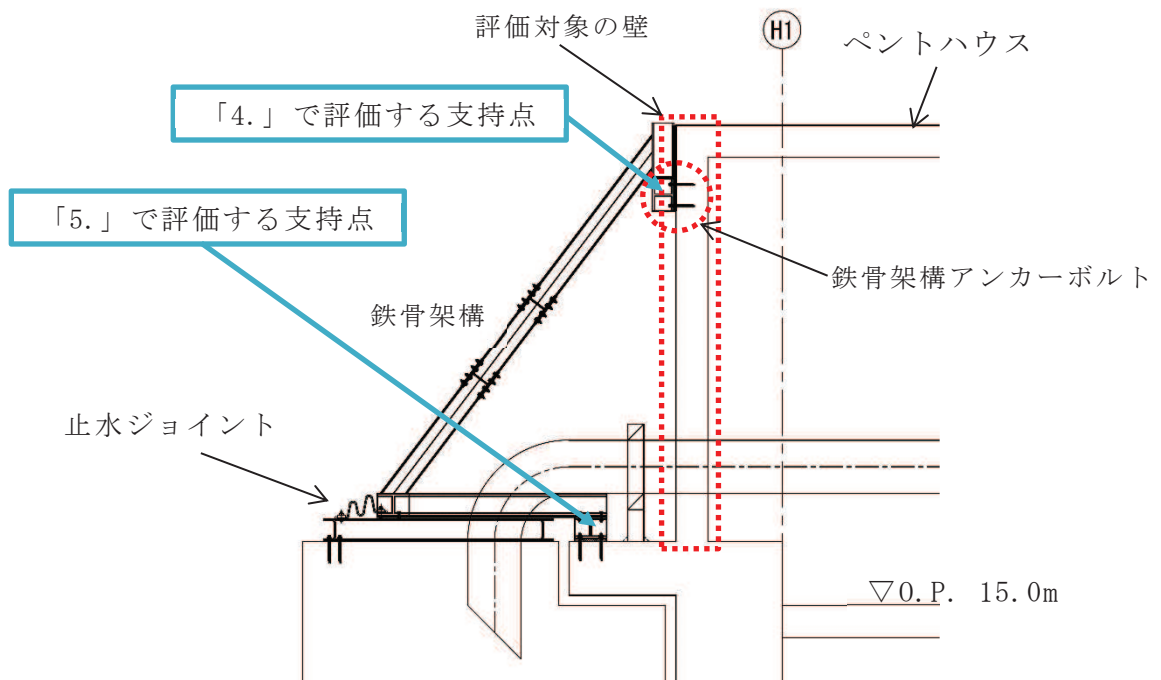
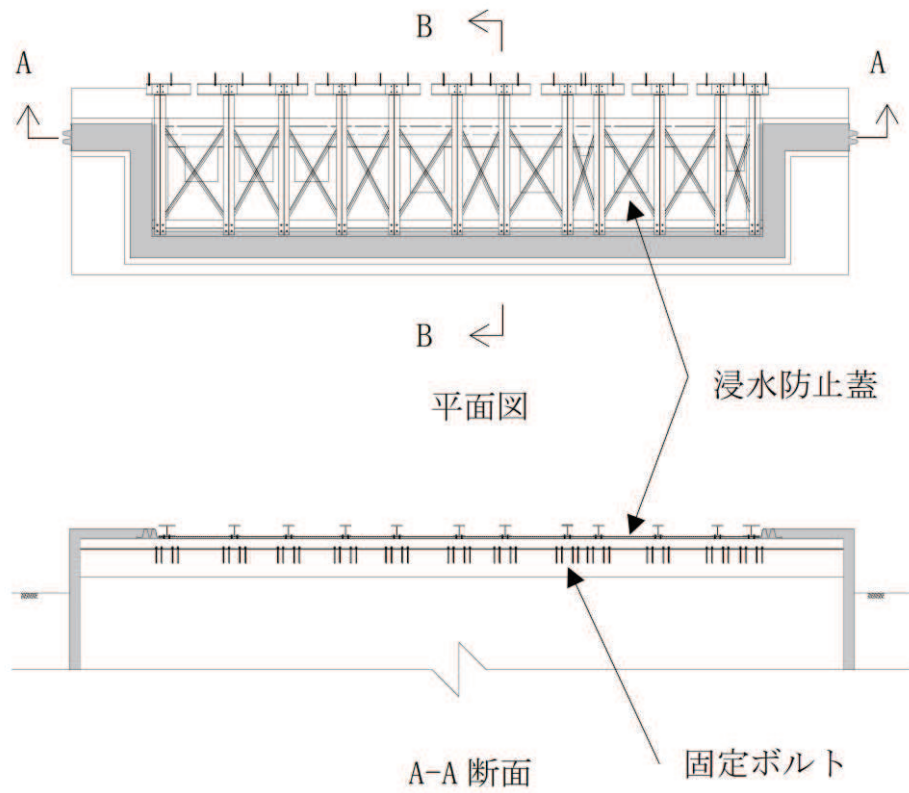
5.4.2	断面の評価方法.....	別紙 5-4-50
5.5	評価結果.....	別紙 5-4-51
6.	引用文献.....	別紙 5-4-52

 本日の説明範囲

4. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋を支持する壁の評価

4.1 評価対象部位

浸水防止蓋を固定する鉄骨架構は第3号機海水熱交換機建屋1階ペントハウス（以下「ペントハウス」という。）の_{H1}通り外壁で支持されることから、評価部位はペントハウスの_{H1}通り外壁とする。評価対象部位であるペントハウスの_{H1}通り外壁を図4-1に示す。



B-B 断面図（ペントハウスとの取合と評価対象部位）

図 4-1 浸水防止蓋概要図

4.2 荷重及び荷重の組み合わせ

4.2.1 入力荷重

表 4-1 に示す地震時の荷重の組み合わせを考慮する。

表 4-1 応力解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
地震時荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力* ¹
	付帯構造物の荷重	浸水防止蓋の反力* ²

注記*1：添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果に基づく、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの震度の包絡値とする。

*2：添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添 3-2-7-2 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書」に示す、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの包絡値とする。

(1) 躯体に作用する慣性力

地震時慣性力の算出に用いる水平震度を表 4-2 に示す。なお、ペントハウス部の固有周期は剛であり、震度の増幅は考慮しない。

表 4-2 地震時慣性力の算出に用いる水平震度

ケース	O.P. (m)	水平震度 (NS 方向)
S _s 地震時	15.0	2.46
余震時	15.0	1.58

(2) 浸水防止蓋の反力

浸水防止蓋を固定する鉄骨架構から評価対象部位であるペントハウスの_H1 通り外壁に対しては、図 4-1 に示すとおりアンカーボルトを通して反力が伝達される。アンカーボルトからペントハウスの_H1 通り外壁に作用する荷重を表 4-3 に示す。

表 4-3 アンカーボルトからペントハウスの_H1 通り外壁に作用する荷重

ケース	水平荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
S s 地震時	10.665	2.631
余震時	11.337	2.935

4.2.2 S s 地震時と余震時の荷重比較

表 4-2 及び表 4-3 に示すとおり、ペントハウスの_H1 通り外壁に作用する荷重は、余震時より S s 地震時が大きいことを確認したため、ペントハウスの_H1 通り外壁の評価は添付書類の別紙 1 で代表させる。

4.3 評価結果

ペントハウスの_H1 通り外壁に作用する荷重は、余震時より S s 地震時が大きいことを確認したため、ペントハウスの_H1 通り外壁の評価は添付書類の別紙 1 で代表させる。

5. 補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋等を支持する片持ちスラブの評価

5.1 評価対象部位

補機冷却海水系放水ピット上の浸水防止蓋を固定する鉄骨架構及び配管サポートは、第3号機海水熱交換機建屋1階の_H1通り側の片持ちスラブ（以下「片持ちスラブ」という。）で支持されることから、評価対象部位は片持ちスラブとする。評価対象部位である片持ちスラブを図5-1に示す。

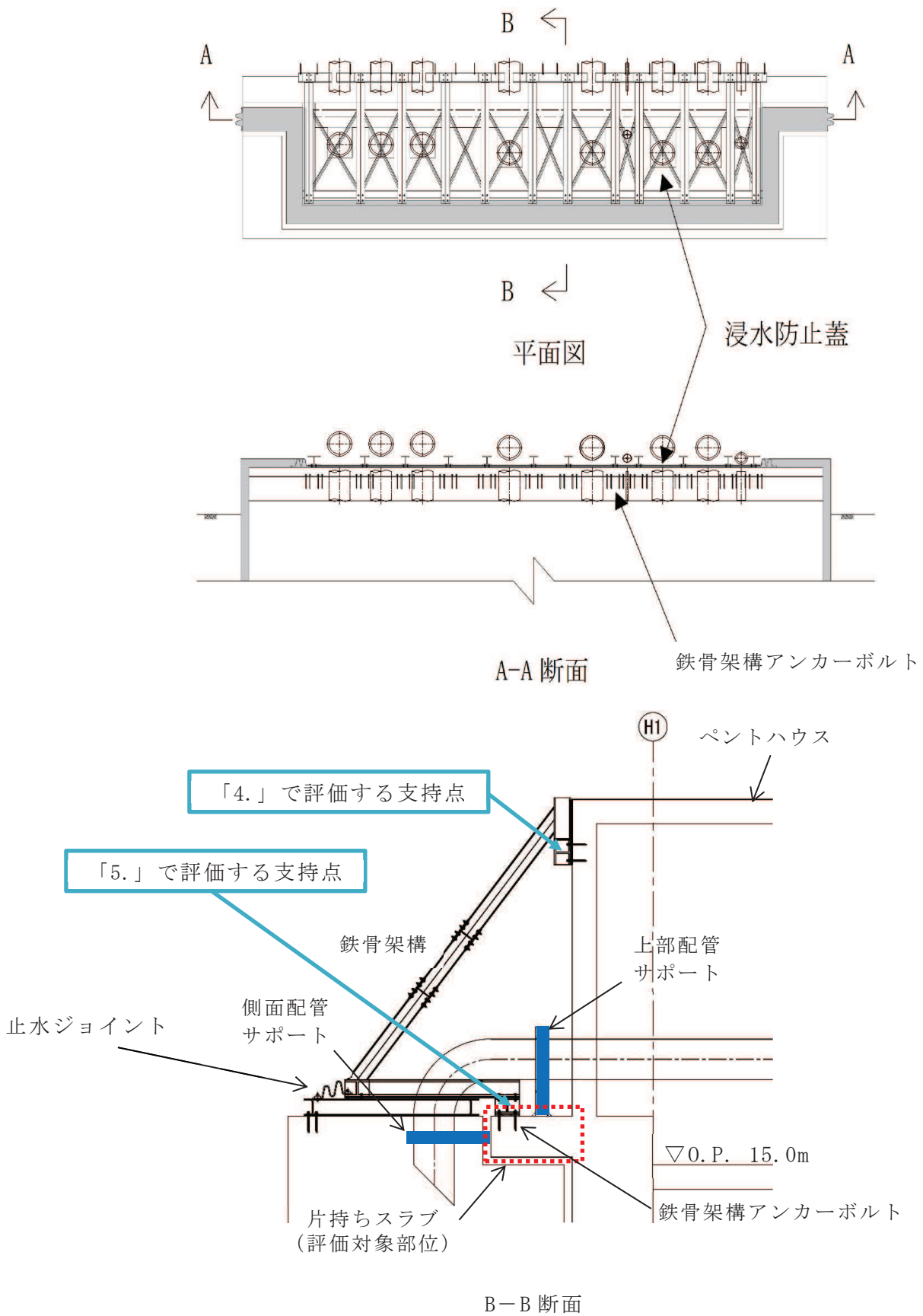


図 5-1 評価対象部位の概要図

5.2 荷重及び荷重の組み合わせ

5.2.1 入力荷重

表 5-1 に示す地震時の荷重の組み合わせを考慮する。

表 5-1 応力解析における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
地震時荷重	慣性力	躯体に作用する慣性力 ^{*1}
	付帯構造物の荷重	浸水防止蓋の反力 ^{*2} 配管サポートの反力 ^{*3}

注記*1：添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果に基づく、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの震度の包絡値とする。

*2：添付書類「VI-2-10-2-8-4 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添 3-2-7-2 浸水防止蓋（第3号機補機冷却海水系放水ピット）の強度計算書」に示す、材料物性の不確かさを考慮した各ケースの包絡値とする。

*3：添付書類「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価」に基づく配管サポートの反力を用いる。

(1) 躯体に作用する慣性力

地震時慣性力の算出に用いる鉛直震度を表 5-2 に示す。

表 5-2 地震時慣性力の算出に用いる鉛直震度

ケース	O.P. (m)	鉛直震度 (UD 方向)
余震時	15.0	0.74

(2) 付帯構造物の荷重

浸水防止蓋を固定する鉄骨架構及び配管サポートから評価対象部位である片持ちスラブに対しては、図 5-1 に示すとおりアンカーボルトを通して反力が伝達される。アンカーボルトから片持ちスラブに作用する荷重を表 5-3 に示す。

表 5-3 アンカーボルトから片持ちスラブに作用する荷重

(a) 浸水防止蓋を固定する鉄骨架構からの反力

ケース	鉛直荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
余震時	40.669 (上向き)	19.197 (上向き*)
	0.000 (下向き)	0.000 (下向き*)

注記*：曲げモーメントの上向きとは、固定端において下端引張となる向きを、下向きとは上端引張となる向きを表す

(b) 上部配管サポートからの反力 (上向き・下向き)

ケース	鉛直荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
余震時	91.0	0.000

(c) 側面配管サポートからの反力 (上向き・下向き)

ケース	鉛直荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
余震時	0.9	0.260

5.2.2 荷重の組み合わせ

荷重の組み合わせとしては、余震時における慣性力及び付帯構造物の荷重を考慮する。

5.3 解析モデル及び諸元

5.3.1 解析モデル

解析モデル概要図を図 5-2 に示す。片持ちスラブは面内方向に十分な耐力を有することから、応力解析においては $H1$ 通り側を固定端とした片持ちスラブとしてモデル化を行う。また、モデル化幅は主筋 1 本当たりの負担幅の 200mm とし、スラブに掛かる各荷重はアンカーボルトのピッチ及び部材厚を考慮して負担幅を算定し、負担幅の中に存在する主筋本数で除した値とする。

図 5-3 に負担幅の考え方を示す。鉄骨架構ではアンカーボルトが一行であることと、評価対象の部材厚が 500mm であることから、図 5-3(a) のとおり負担幅を 500mm とし、上部配管サポートではアンカーボルトのピッチが 1250mm であることと、評価対象の部材厚が 500mm であることから、図 5-3(b) のとおり負担幅を 1750mm とする。また、側面配管サポートにおいては、応力が最大となる片持ちスラブの固定点までの距離が十分に長いため、負担幅は図 5-3(c) のとおりベースプレートのピッチである 1000mm とする。

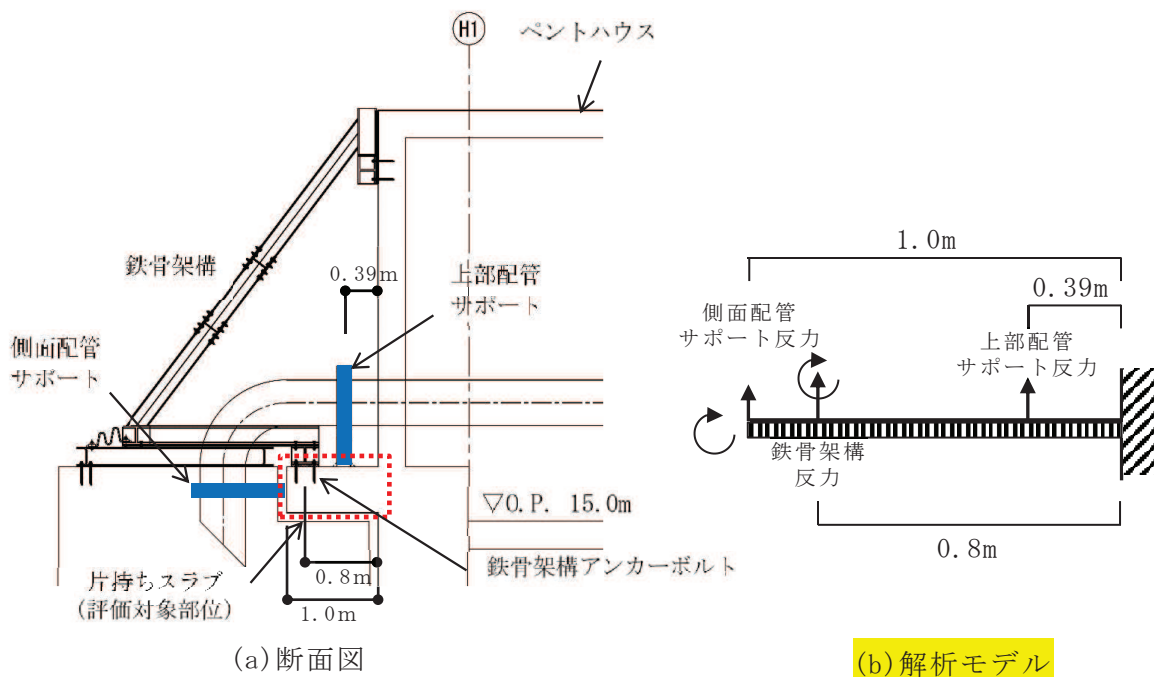
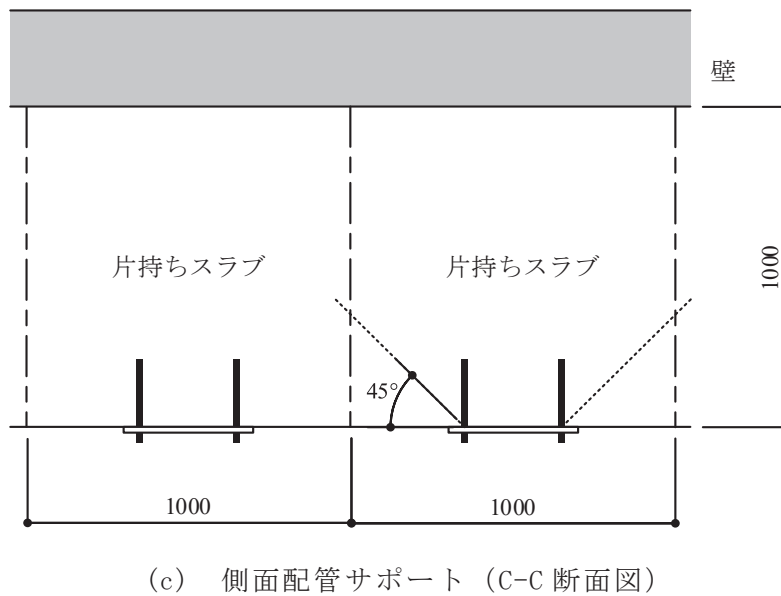
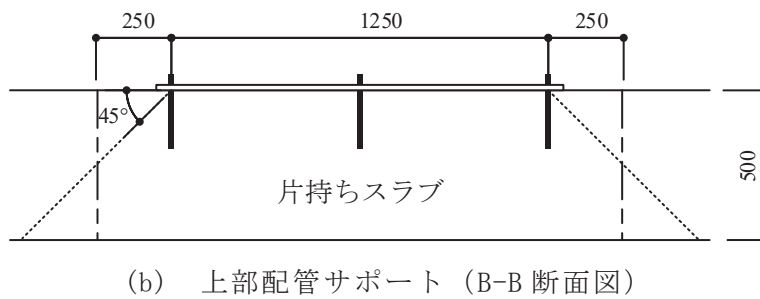
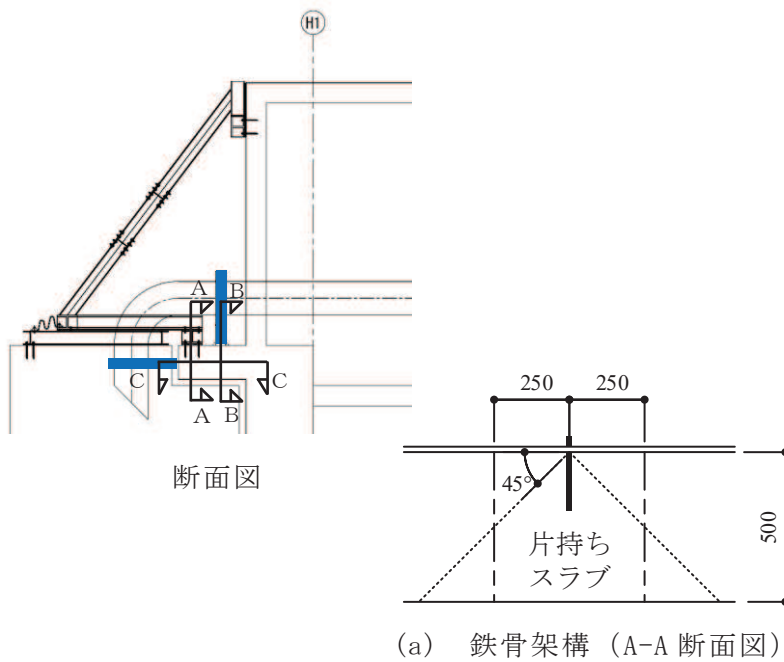


図 5-2 解析モデル概要図



(単位 : mm)

図 5-3 負担幅の考え方

5.3.2 使用材料の物性値

使用材料の物性値を表 5-4 に示す。

コンクリートのヤング係数については、設計基準強度に基づき算定した値とする。コンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。

表 5-4 使用材料の物性値

(a) コンクリート

コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
32.4	2.51×10^4	0.2

(b) 鉄筋

鉄筋の種類	ヤング係数 E (N/mm ²)
SD345	2.05×10^5

5.4 評価方法

5.4.1 応力解析方法

片持ちスラブについて_H1 通り側を固定端としてモデル化した応力解析を実施する。

5.4.2 断面の評価方法

片持ちスラブが浸水防止蓋を固定する鉄骨架構及び配管サポートの支持に十分な構造強度を有していることを確認するため、応力解析により得られた曲げモーメント、並びに面外せん断力に対して次のとおり評価し、片持ちスラブの健全性を確認する。

片持ちスラブは浸水防止機能を担う部材であり、地震時に損傷することで同機能を損なう可能性がある。そこで、地震時における発生応力度等が短期許容応力度以内に収まっていることで、応答が弾性範囲内に抑えられ健全性が維持されるものと判断されることから、断面の評価にあたって、曲げモーメントに対する評価については「RC-N規準」に基づく短期許容曲げモーメント M_A を、面外せん断力に対する評価については「RC-N規準」に基づく短期許容面外せん断力 Q_A を許容値とし、算出した発生応力が許容値を超えないことを確認する。なお、H1通り側の片持ちスラブについては軸力を付加しない。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j \cdot 10^{-6}$$

ここで、

M_A : 短期許容曲げモーメント (kN・m)

a_t : 鉄筋の設計断面積 (mm²)

f_t : 鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm²) *

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

注記* : 「建設省告示第2464号」に基づき降伏点強度に1.1倍の割増しを考慮する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s \cdot 10^{-3}$$

ここで、

Q_A : 短期許容面外せん断力 (kN)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

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_s : コンクリートの短期許容せん断応力度 (1.21N/mm²)

5.5 評価結果

断面の評価結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 より、片持ちスラブに対する曲げモーメント並びに面外せん断力は、目安値を下回ることを確認したことから、片持ちスラブが余震時に必要な構造強度を有することを確認した。

表 5-5 断面評価結果

O.P. (m)		15.6
スラブ位置 (通り)		H 1
スラブ厚 D (mm)		500
検討幅 B (mm)		200
有効せい d (mm)		421
配筋 (鉄筋断面積)	主筋	2-D19@200
	設計断面積 a_t (mm ²)	287
せん断に対する検討	せん断力 Q (kN)	31.3
	せん断スパン比による割増し係数 α	1.21
	コンクリートの短期許容せん断応力度 f_s (N/mm ²)	1.21
	短期許容面外せん断力 Q_A (kN)	107
	検定比 Q/Q_A	0.30
曲げモーメントに対する検討	曲げモーメント M (kN・m)	30.3
	鉄筋の降伏応力度 σ_y (N/mm ²)	379.5
	短期許容曲げモーメント M_A (kN・m)	40.0
	検定比 M/M_A	0.76
判定		可