

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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-19-0610-20_改 26
提出年月日	2021年12月1日

補足-610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

## 目 次

### 資料1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

1. 対象設備
  2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容
  3. 安全係数
  4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定
    - 4.1 断面選定の方針
    - 4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理
    - 4.3 解析手法選定の方針
    - 4.4 軽油タンク連絡ダクト
    - 4.5 排気筒連絡ダクト
    - 4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト
    - 4.7 取水路（漸拡部）
    - 4.8 軽油タンク室
    - 4.9 軽油タンク室（H）
    - 4.10 海水ポンプ室
    - 4.11 取水口，貯留堰
    - 4.12 取水路（標準部）
    - 4.13 復水貯蔵タンク基礎
    - 4.14 ガスタービン発電設備軽油タンク室
    - 4.15 第3号機海水ポンプ室
  5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法
  6. 許容限界
  7. ジョイント要素のばね設定
  8. 隣接構造物のモデル化方針
  9. 地震応答解析における減衰定数
  10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定
  11. 等価剛性モデルの設定方針
  12. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位の設定
- 資料2 軽油タンク連絡ダクトの耐震安全性評価
- 資料3 排気筒連絡ダクトの耐震安全性評価
- 資料4 原子炉機器冷却海水配管ダクト(水平部)の耐震安全性評価
- 資料5 原子炉機器冷却海水配管ダクト(鉛直部)の耐震安全性評価
- 資料6 取水路（漸拡部）の耐震安全性評価
- 資料7 軽油タンク室の耐震安全性評価
- 資料8 軽油タンク室（H）の耐震安全性評価
- 資料9 海水ポンプ室の耐震安全性評価
- 資料10 取水口，貯留堰の耐震安全性評価

- 資料 11 取水路（標準部）の耐震安全性評価
- 資料 12 復水貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価
- 資料 13 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震安全性評価
- 資料 14 第 3 号機海水ポンプ室の耐震安全性評価

 : 本日の説明範囲

本補足説明資料は、耐震性に関する説明書のうち屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての内容を補足するものである本補足説明資料と添付書類との関連を以下に示す。

補足説明資料と添付書類との関連

工事計画に係る補足説明資料 耐震性に関する説明書のうち 補足-610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について	該当添付書類
1. 対象設備	共通事項
2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容	
2.1 支持機能	共通事項
2.2 通水機能	共通事項
2.3 貯水機能	共通事項
2.4 止水機能	共通事項
2.5 屋外重要土木構造物等の耐震安全性に関する整理	共通事項
3. 安全係数	共通事項
4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定	
4.1 断面選定の方針	共通事項
4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理	共通事項
4.3 解析手法選定の方針	共通事項
4.4 軽油タンク連絡ダクト	VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書
4.5 排気筒連絡ダクト	VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書
4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト	VI-2-2-11 原子炉機器冷却海水配管ダクト(水平部)の地震応答計算書 VI-2-2-12-2 原子炉機器冷却海水配管ダクト(鉛直部)の耐震性についての計算書
4.7 取水路(漸拡部)	VI-2-10-4-4-1 取水路(漸拡部)の耐震性についての計算書

4.8	軽油タンク室	VI-2-2-13	軽油タンク室の地震応答計算書
4.9	軽油タンク室 (H)	VI-2-2-15	軽油タンク室 (H) の地震応答計算書
4.10	海水ポンプ室	VI-2-2-7	海水ポンプ室の地震応答計算書
4.11	取水口, 貯留堰	VI-2-10-4-3	取水口の耐震性についての計算書
4.12	取水路 (標準部)	VI-2-10-4-4-2	取水路 (標準部) の耐震性についての計算書
4.13	復水貯蔵タンク基礎	VI-2-2-5	復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書
4.14	ガスタービン発電設備軽油タンク室	VI-2-2-17	ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書
4.15	第3号機海水ポンプ室	VI-2-2-9	第3号機海水ポンプ室の地震応答計算書
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法			
5.1	耐震安全性評価における解析ケース	共通事項	
5.2	屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価における解析ケースの組合せ	共通事項	
5.3	機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース	共通事項	
6. 許容限界			
6.1	許容応力度法による耐震安全性評価	共通事項	
6.2	限界状態設計法による照査	共通事項	
6.3	土木学会マニュアル 2005 の適用性	共通事項	
7.	ジョイント要素のばね設定	共通事項	
7.1	せん断強度の設定		
7.2	ばね定数の設定		
8.	隣接構造物のモデル化方針	共通事項	
9. 地震応答解析における減衰定数			
9.1	時刻歴応答解析 (全応力解析) で設定する Rayleigh 減衰	共通事項	
9.2	時刻歴応答解析 (有効応力解析) で設定する Rayleigh 減衰	共通事項	
10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定			

	10.1 評価方針	共通事項
11.	等価剛性モデルの設定方針	共通事項
	11.1 等価剛性モデルを設定する構造物	共通事項
	11.2 等価剛性モデルの設定手順	共通事項
12.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位の設定	共通事項
	12.1 地下水位の設定	共通事項
	12.2 内水位の設定	共通事項

資料1 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

## 目 次

1. 対象設備	資料 1-1
2. 屋外重要土木構造物等の要求機能と要求機能に対する耐震評価内容	資料 1-2
2.1 支持機能	資料 1-2
2.2 通水機能	資料 1-3
2.3 貯水機能	資料 1-3
2.4 止水機能	資料 1-4
2.5 屋外重要土木構造物等の耐震安全性に関する整理	資料 1-5
3. 安全係数	資料 1-8
4. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定及び解析手法選定	資料 1-13
4.1 断面選定の方針	資料 1-13
4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理	資料 1-16
4.3 解析手法選定の方針	資料 1-18
4.4 軽油タンク連絡ダクト	資料 1-22
4.5 排気筒連絡ダクト	資料 1-30
4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト	資料 1-46
4.7 取水路（漸拡部）	資料 1-57
4.8 軽油タンク室	資料 1-71
4.9 軽油タンク室（H）	資料 1-79
4.10 海水ポンプ室	資料 1-86
4.11 取水口，貯留堰	資料 1-98
4.12 取水路（標準部）	資料 1-108
4.13 復水貯蔵タンク基礎	資料 1-126
4.14 ガスタービン発電設備軽油タンク室	資料 1-133
4.15 第 3 号機海水ポンプ室	資料 1-140
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法	資料 1-150
5.1 耐震安全性評価における解析ケース	資料 1-150
5.2 屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価における解析ケースの組合せ	資料 1-157
5.3 機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース	資料 1-162
6. 許容限界	資料 1-166
6.1 許容応力度法による耐震安全性評価	資料 1-166
6.2 限界状態設計法による照査	資料 1-168
6.3 土木学会マニュアル 2005 の適用性	資料 1-178
7. ジョイント要素のばね設定	資料 1-186
7.1 せん断強度の設定	資料 1-189
7.2 ばね定数の設定	資料 1-192
8. 隣接構造物のモデル化方針	資料 1-194
9. 地震応答解析における減衰定数	資料 1-196



9.1	時刻歴応答解析（全応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	資料 1-196
9.2	時刻歴応答解析（有効応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	資料 1-202
10.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定	資料 1-203
10.1	評価方針	資料 1-203
11.	等価剛性モデルの設定方針	資料 1-208
11.1	等価剛性モデルを設定する構造物	資料 1-208
11.2	等価剛性モデルの設定手順	資料 1-209
12.	屋外重要土木構造物等の耐震評価における地下水位及び内水位の設定	資料 1-220
12.1	地下水位の設定	資料 1-220
12.2	内水位の設定	資料 1-220

屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての参考資料

- 参考資料 1 O. P. 14. 8m盤に分布する盛土・旧表土の液状化特性
- 参考資料 2 地中構造物の耐震性に支配的な要因の検討
- 参考資料 3 地震応答解析による断面選定の確認
- 参考資料 4 断層交差部の影響評価
- 参考資料 5 新設する構造物のコンクリートの圧縮強度の設定
- 参考資料 6 後施工せん断補強工法の適用性
- 参考資料 7 地中構造物への鉛直地震動の位相が与える影響
- 参考資料 8 等価剛性モデルにおける鉛直方向床応答への影響
- 参考資料 9 解析手法の選定（④全応力解析）の補足確認結果
- 参考資料 10 追加解析ケースの選定方法の詳細
- 参考資料 11 女川原子力発電所における地盤の振動特性
- 参考資料 12 ジョイント要素のばね定数の妥当性確認結果
- 参考資料 13 三次元構造解析による耐震評価の照査時刻の妥当性確認方針
- 参考資料 14 浮上り評価結果
- 参考資料 15 屋外重要土木構造物等におけるコンクリート初期剛性低下の機器・配管系への影響

 : 本日の説明範囲

参考資料 15 屋外重要土木構造物等におけるコンクリート初期剛性  
低下の機器・配管系への影響

## 目 次

1. 概要	資料 1- (参考) 15-1
2. 検討方針	資料 1- (参考) 15-1
3. 検討対象	資料 1- (参考) 15-2
4. 検討内容	資料 1- (参考) 15-4
5. 検討結果	資料 1- (参考) 15-51
6. まとめ	資料 1- (参考) 15-53

## 1. 概要

本資料は、屋外重要土木構造物等に対して建物・構築物で考慮しているコンクリートの初期剛性低下を考慮した場合の機器・配管系への影響について、補足説明資料「補足600-43 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき、検討する。

なお、屋外重要土木構造物等の耐震性に支配的な要因である土圧は、構造物と周囲の地盤の剛性差により生じることから、構造物の剛性が低下し、地盤との剛性差が小さくなることは、耐震裕度が向上することとなるため、屋外重要土木構造物等の耐震性への影響検討は対象外とする。

## 2. 検討方針

影響検討フローを図 2-1 に示し、以下のとおり、屋外重要土木構造物等におけるコンクリートの初期剛性低下を考慮した場合の機器・配管系への影響検討を行う。

### 2.1 地震応答解析

機器・配管系への屋外重要土木構造物等におけるコンクリートの初期剛性低下による影響の考慮にあたっては、以下の資料に示す「コンクリート初期剛性低下を考慮した解析ケース（影響検討ケース）」の地震応答解析結果を用いる。

- ・補足-610-16 排気筒基礎の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
- ・補足-610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について
  - ・資料 2 軽油タンク連絡ダクトの耐震安全性評価
  - ・資料 3 排気筒連絡ダクトの耐震安全性評価
  - ・資料 4 原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）の耐震安全性評価
  - ・資料 7 軽油タンク室の耐震安全性評価
  - ・資料 8 軽油タンク室（H）の耐震安全性評価
  - ・資料 9 海水ポンプ室の耐震安全性評価
  - ・資料 12 復水貯蔵タンク基礎の耐震安全性評価
  - ・資料 13 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震安全性評価

### 2.2 応答比較

最大応答加速度及び床応答曲線に対して影響検討ケースの応答から作成した耐震条件（以下「影響検討条件」という。）と工認設計ケースの応答から作成した耐震条件（以下「設計条件」という。）を用いて応答比率を算定し、応答比較を行う。応答比率の算定結果を「4.1 応答比率算定」に示す。

応答比較の結果、応答比率が 1 を上回る場合、その応答による影響を検討する。

### 2.3 簡易評価

応答比率と検討対象設備の裕度（許容値／発生値）を用いた簡易評価（**応答比率が設備の裕度以下となることを確認する**）を行う。

### 2.4 詳細評価

簡易評価で**応答比率が設備の裕度を上回った**設備に対しては影響検討条件を用いた詳細評価（当該設備の耐震計算書と同様の評価手法（スペクトルモーダル解析など）による設備評価）を行い、**発生値が許容値以下となることを確認する。**

なお、相対変位による機器・配管系の耐震性への影響については、4.2 項に記載のとおり、影響検討条件の相対変位と設計条件の相対変位を比較すると、その大小関係は一定ではないが、設計条件を上回る場合であっても、相対変位の差異は 1mm 未満であることから影響は軽微であると判断し、最大応答加速度及び設計用床応答曲線を用いた影響検討を実施する。

## 3. 検討対象

屋外重要土木構造物等に設置される以下の機器・配管系を影響検討の対象とする。

- ・設計基準対象施設のうち、耐震重要度分類の S クラスに属する機器・配管系
- ・重大事故等対処施設のうち、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備、常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類が S クラスのもの）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に属する機器・配管系
- ・波及的影響防止のために耐震評価を実施する機器・配管系

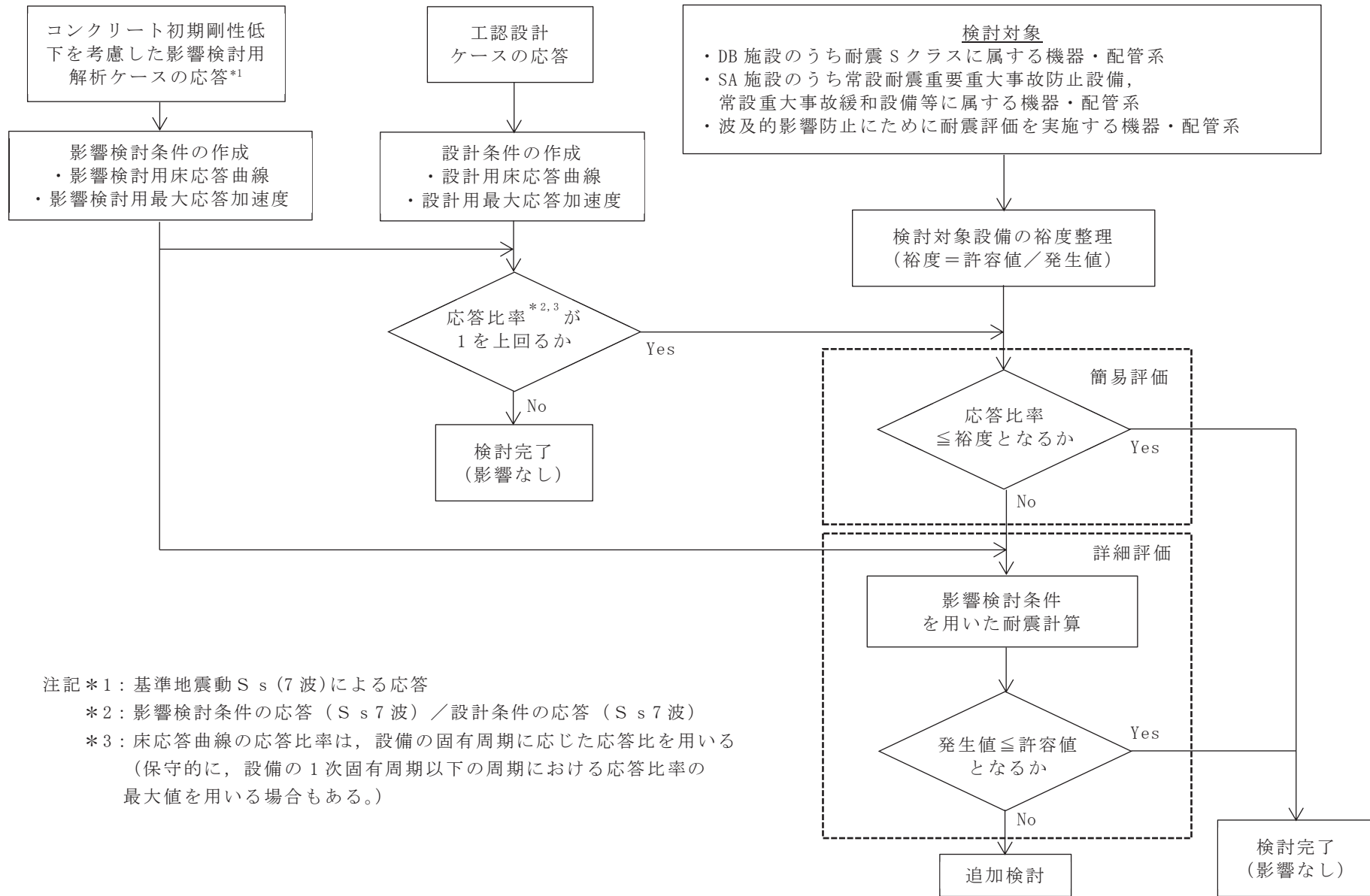


図 2-1 屋外重要土木構造物等におけるコンクリート初期剛性低下を考慮した影響検討フロー



#### 4. 検討内容

##### 4.1 応答比率算定

機器・配管系の耐震計算に用いる条件の応答比率の算定方法及び応答比率を以下に示す。

「4.1.1 最大応答加速度」及び「4.1.2 床応答曲線」に示すとおり、応答比率が1を上回ることを確認したため、影響検討フローに基づき簡易評価、詳細評価及び追加検討を行う。

##### 4.1.1 最大応答加速度

各屋外重要土木構造物等の各標高における最大応答加速度の比較結果（水平方向（NS/EW 方向別又は NS/EW 方向包絡）及び鉛直方向）を表 4-1~9 に示す。

##### (1) 復水貯蔵タンク基礎

表 4-1(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

位置	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
		①設計条件	②影響検討条件	
復水貯蔵タンク	21.362	4.60	4.52	0.99
	19.362	4.33	4.26	0.99
	17.402	4.06	4.00	0.99
	15.442	3.73	3.67	0.99
	13.482	2.87	2.83	0.99
	11.522	1.80	1.77	0.99
	9.562	1.21	1.18	0.98
しゃへい壁	20.600	2.21	2.44	1.11
	19.600	2.02	2.23	1.11
	17.800	1.73	1.75	1.02
	14.800	1.51	1.55	1.03
	13.250	1.43	1.45	1.02
	11.225	1.36	1.33	0.98
	9.200	1.20	1.18	0.99
バルブ室	14.800	2.40	2.43	1.02
	13.250	1.86	1.85	1.00
	11.225	1.45	1.44	1.00
連絡トレンチ	10.500	1.25	1.21	0.97

表 4-1 (2) 最大応答加速度の応答比率  
 (基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

位置 名称	標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
		①設計条件	②影響検討条件	
復水貯蔵タンク	21.362	0.92	0.90	0.98
	19.362	0.92	0.90	0.98
	17.402	0.92	0.90	0.98
	15.442	0.92	0.90	0.98
	13.482	0.92	0.90	0.98
	11.522	0.92	0.90	0.98
	9.562	0.92	0.90	0.98
しゃへい壁	20.600	0.92	0.90	0.98
	19.600	0.92	0.90	0.98
	17.800	0.92	0.90	0.98
	14.800	0.92	0.90	0.98
	13.250	0.92	0.90	0.98
	11.225	0.92	0.90	0.98
	9.200	0.92	0.90	0.98
バルブ室	14.800	0.92	0.90	0.98
	13.250	0.92	0.90	0.98
	11.225	0.92	0.90	0.98
連絡トレンチ	10.500	0.92	0.90	0.98

(2) 海水ポンプ室

表 4-2(1) 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.800	7.34	5.30	0.73
11.025	3.15	2.85	0.91
7.250	2.76	2.60	0.95
2.250	1.83	1.77	0.97
-0.550	1.88	1.75	0.94
-7.025	1.50	1.55	1.04
-9.800	1.18	1.30	1.11

表 4-2(2) 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS))

標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.800	1.56	1.30	0.84
11.650	1.17	1.23	1.06
7.250	1.03	1.06	1.03
2.250	0.94	0.94	1.00
-0.550	0.89	0.89	1.00
-6.400	0.82	0.84	1.03
-9.800	0.82	0.84	1.03

表 4-2(3) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (EW))

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.800	7.34	5.30	0.73
11.025	3.15	2.85	0.91
7.250	2.76	2.60	0.95
2.250	1.83	1.77	0.97
-0.550	1.88	1.75	0.94
-7.025	1.50	1.55	1.04
-9.800	1.18	1.30	1.11

表 4-2(4) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.800	2.72	2.96	1.09
11.025	2.47	2.34	0.95
7.250	2.26	1.85	0.82
2.250	1.94	1.61	0.83
-0.550	1.48	1.30	0.88
-7.025	1.44	1.25	0.87
-9.800	1.44	1.25	0.87

(3) 原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）

表 4-3(1) 最大応答加速度の応答比率

（基準地震動  $S_s$  , 1.2ZPA, 水平方向）

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
-0.65	1.34	1.12	0.84
-4.75	1.36	1.31	0.97
-8.85	1.19	1.03	0.87

表 4-3(2) 最大応答加速度の応答比率

（基準地震動  $S_s$  , 1.2ZPA, 鉛直方向）

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
-0.65	1.11	1.12	1.01
-4.75	1.13	1.06	0.94
-8.85	1.02	0.97	0.96

(4) 軽油タンク室

表 4-4(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

位置	標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
		①設計条件	②影響検討条件	
タンク室	14.80	1.65	1.61	0.98
	9.50	1.31	1.30	1.00
ポンプ室	14.80	1.69	1.56	0.93
	9.50	1.30	1.33	1.03

表 4-4(2) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

位置	標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
		①設計条件	②影響検討条件	
タンク室	14.80	1.10	1.19	1.09
	9.50	0.99	0.95	0.96
ポンプ室	14.80	0.95	0.93	0.98
	9.50	0.91	0.89	0.98

(5) 軽油タンク室 (H)

表 4-5(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.80	2.16	2.13	0.99
6.40	1.72	1.36	0.80

表 4-5(2) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.80	1.33	1.36	1.03
6.40	1.03	1.00	0.98

(6) ガスタービン発電設備軽油タンク室

表 4-6(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
62.30	1.47	1.55	1.06
56.70	0.94	0.90	0.96

表 4-6(2) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
62.30	0.94	0.94	1.00
56.70	0.69	0.69	1.00

(7) 軽油タンク連絡ダクト

表 4-7(1) 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
12.1	1.79	1.52	0.85
10.5	1.56	1.34	0.86
9.5	1.31	1.20	0.92

表 4-7(2) 最大応答加速度の応答比率

(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
12.1	1.22	1.08	0.89
10.5	1.25	1.08	0.87
9.5	1.13	1.02	0.91



(8) 排気筒基礎

表 4-8(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向 (NS/EW 方向包絡))

標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.80	1.69	1.64	0.98
10.41	1.56	1.49	0.96
6.60	1.48	1.35	0.92
1.00	1.25	1.17	0.94

表 4-8(2) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O. P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
14.80	0.99	0.94	0.95
10.41	0.96	0.92	0.96
6.60	0.91	0.90	0.99
1.00	0.85	0.85	1.00

(9) 排気筒連絡ダクト

表 4-9(1) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 水平方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
上床板	1.54	1.59	1.04
中間点	1.03	0.99	0.97
底板	1.11	1.12	1.01

表 4-9(2) 最大応答加速度の応答比率  
(基準地震動  $S_s$ , 1.2ZPA, 鉛直方向)

標高 O.P. (m)	最大応答加速度 ( $\times 9.80665\text{m/s}^2 \times 1.2$ )		応答比率 (②/①)
	①設計条件	②影響検討条件	
上床板	1.17	1.18	1.01
中間点	1.13	1.10	0.98
底板	0.83	0.78	0.94

#### 4.1.2 床応答曲線

各屋外重要土木構造物等の各標高における床応答曲線の比較結果を図 4-1 に示す。なお、床応答曲線の減衰定数は、耐震裕度の比較的小さい配管系の主要な減衰定数である 2.0%を記載する。

床応答曲線の応答比率は、方向、標高、減衰定数及び設備の固有周期に応じた応答比率を算定する。応答比率の算定例を図 4-2 に示す。

(1) 復水貯蔵タンク基礎

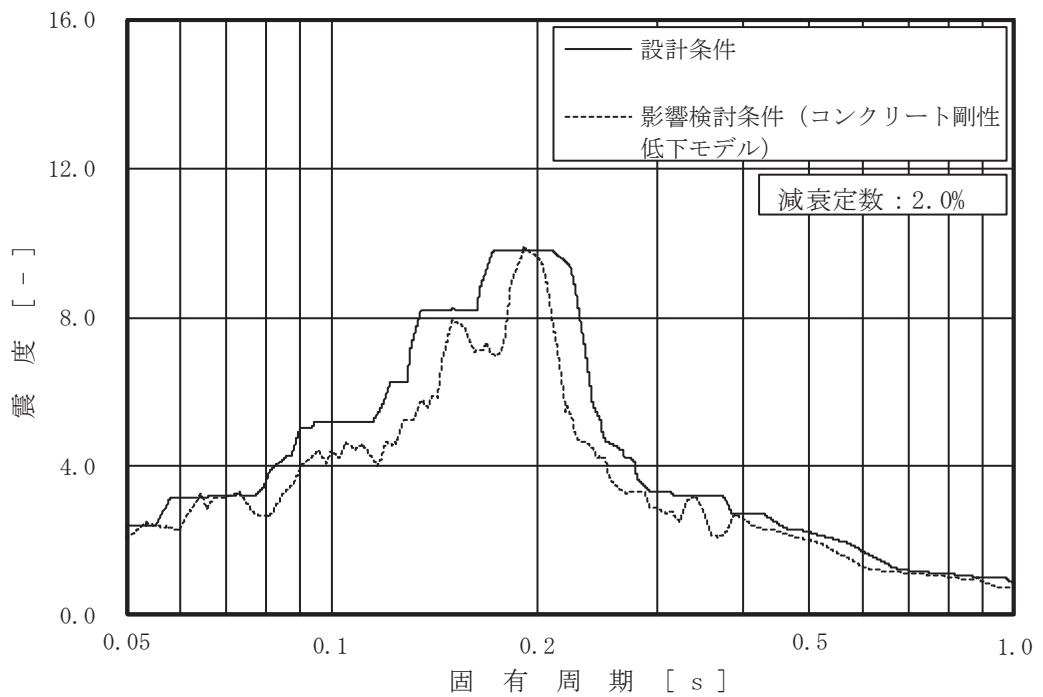


図 4-1 床応答曲線の比較 (1/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.13.250m , 水平 (NS/EW 包絡))

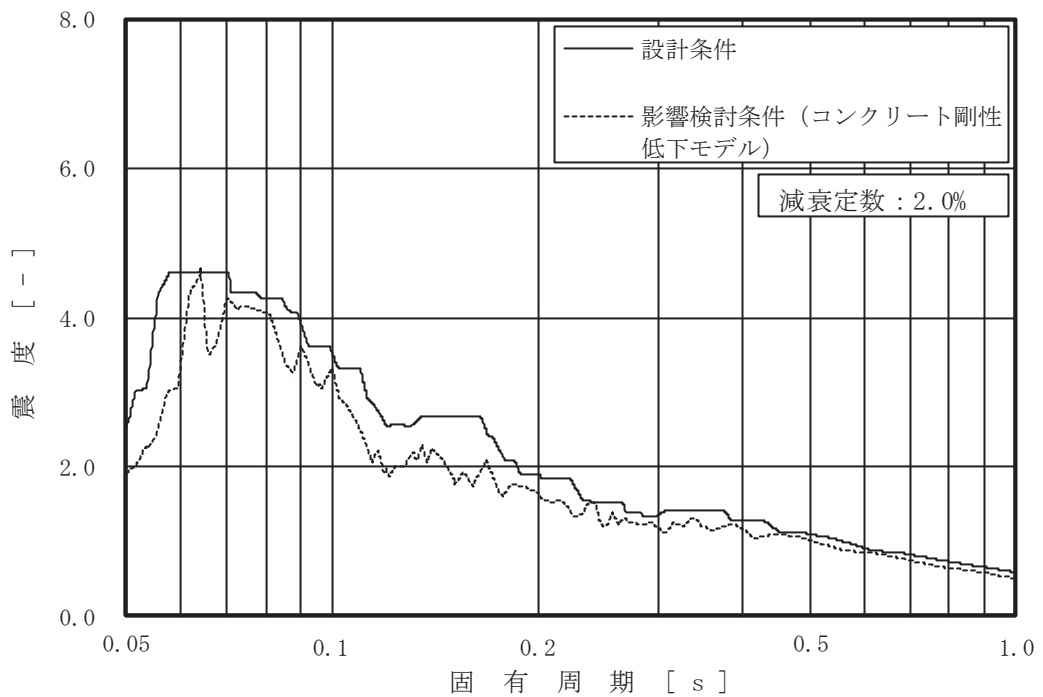


図 4-1 床応答曲線の比較 (2/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.13.250m , 鉛直)

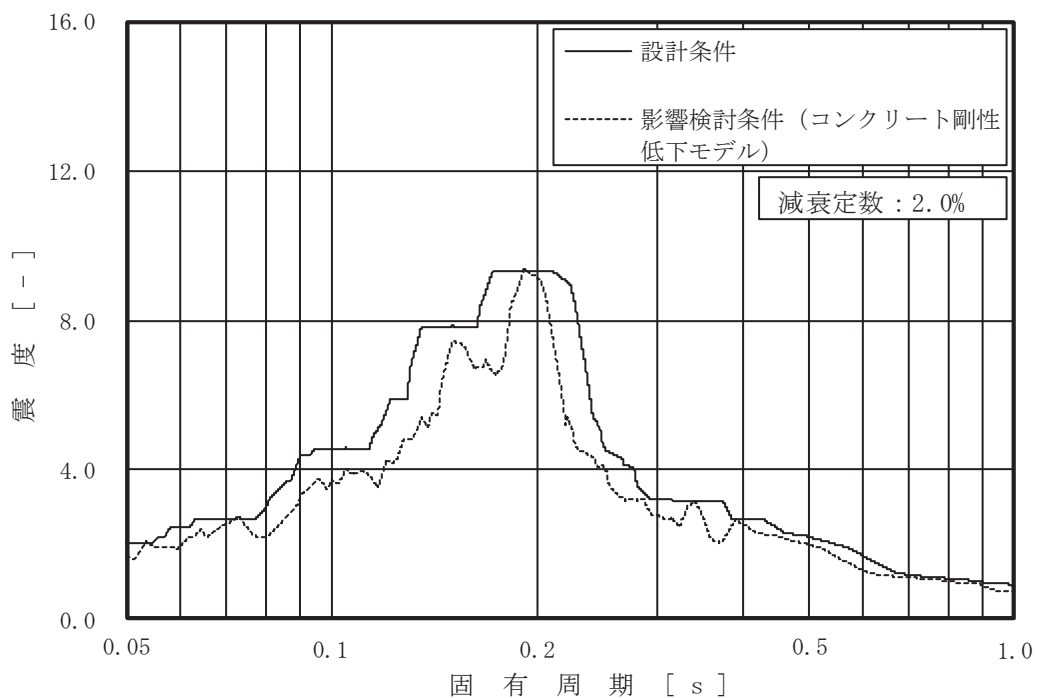


図 4-1 床応答曲線の比較 (3/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P. 11. 225m , 水平 (NS/EW 包絡))

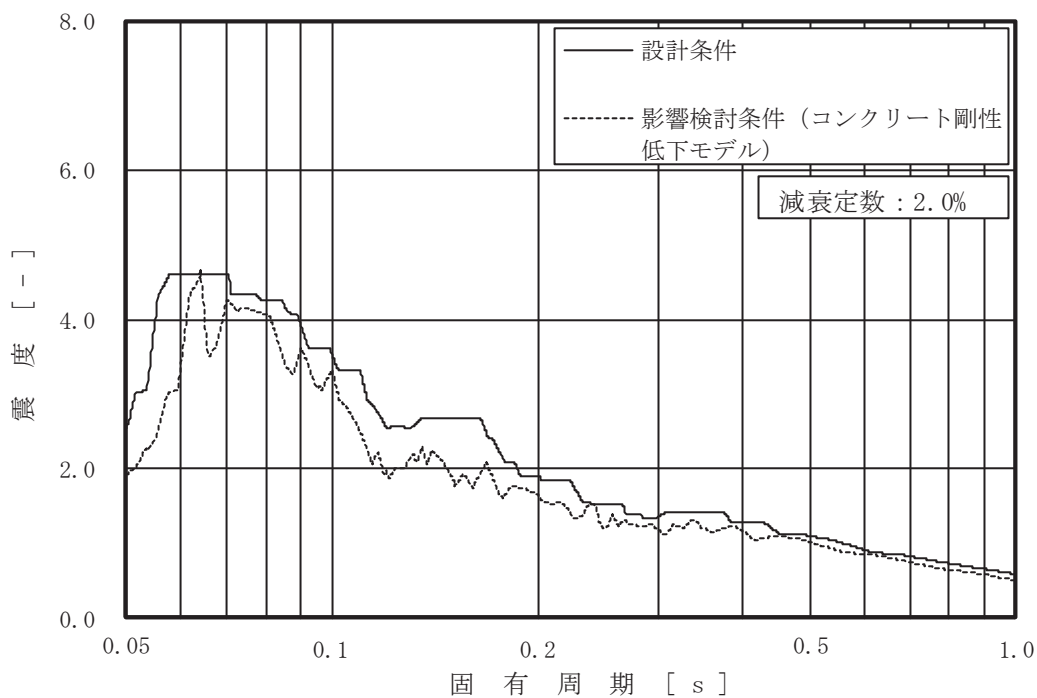


図 4-1 床応答曲線の比較 (4/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P. 11. 225m , 鉛直)

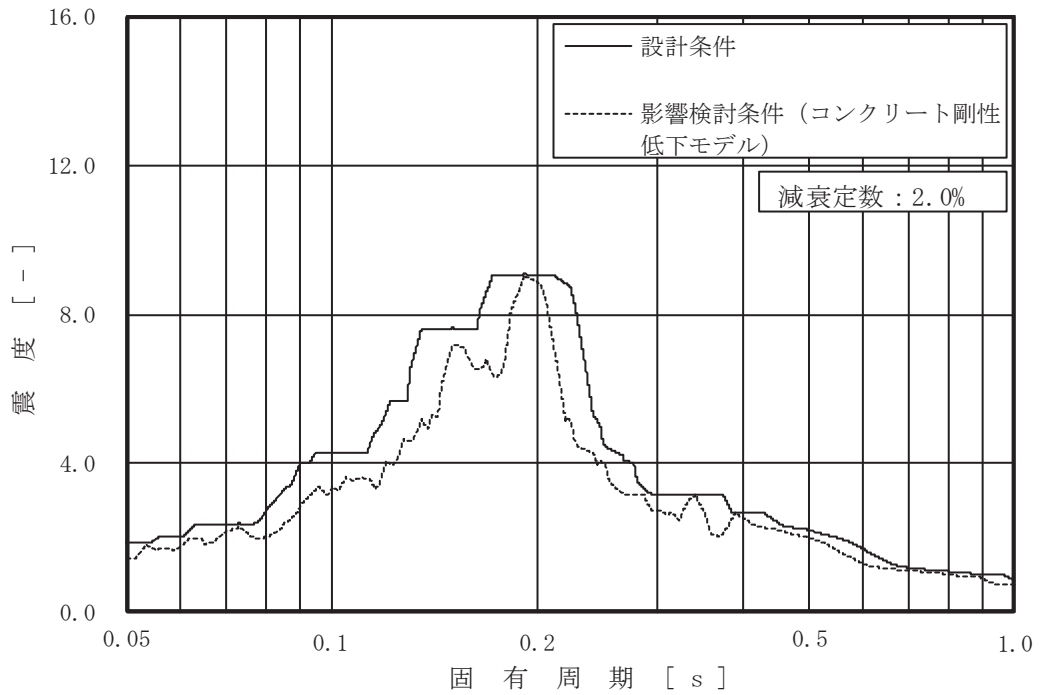


図 4-1 床応答曲線の比較 (5/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (連絡トレンチ) 0.P.10.500m , 水平 (NS/EW 包絡))

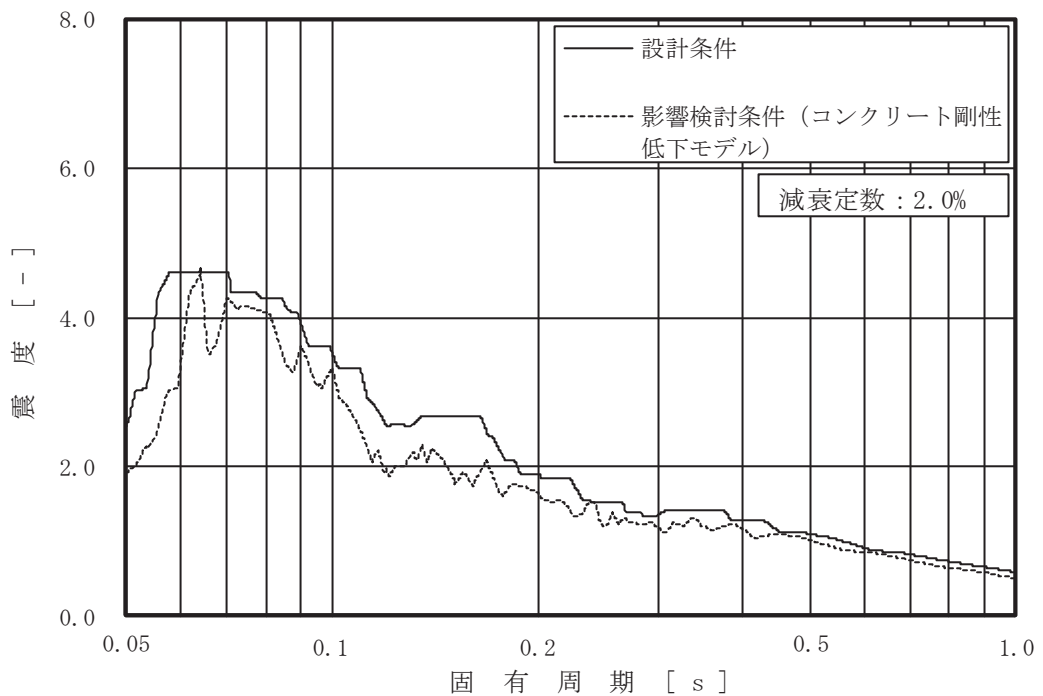


図 4-1 床応答曲線の比較 (6/63) (基準地震動  $S_s$  , 復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.10.500m , 鉛直)

(2) 海水ポンプ室

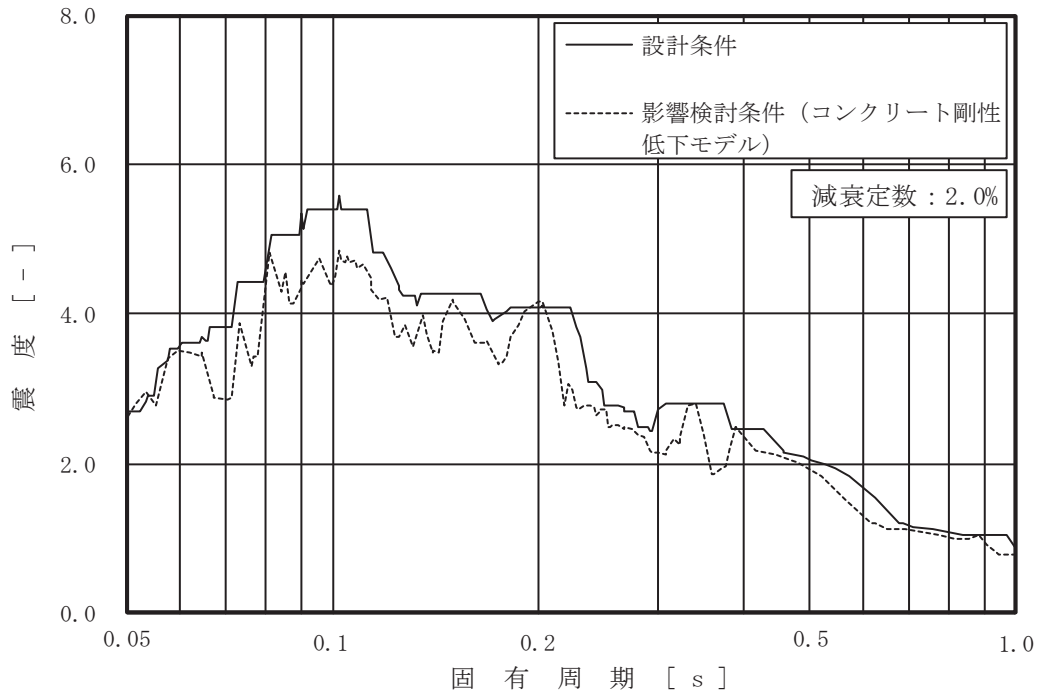


図 4-1 床応答曲線の比較 (7/63)

(基準地震動 S s , 海水ポンプ室 0.P.14.800m , 水平 (NS))

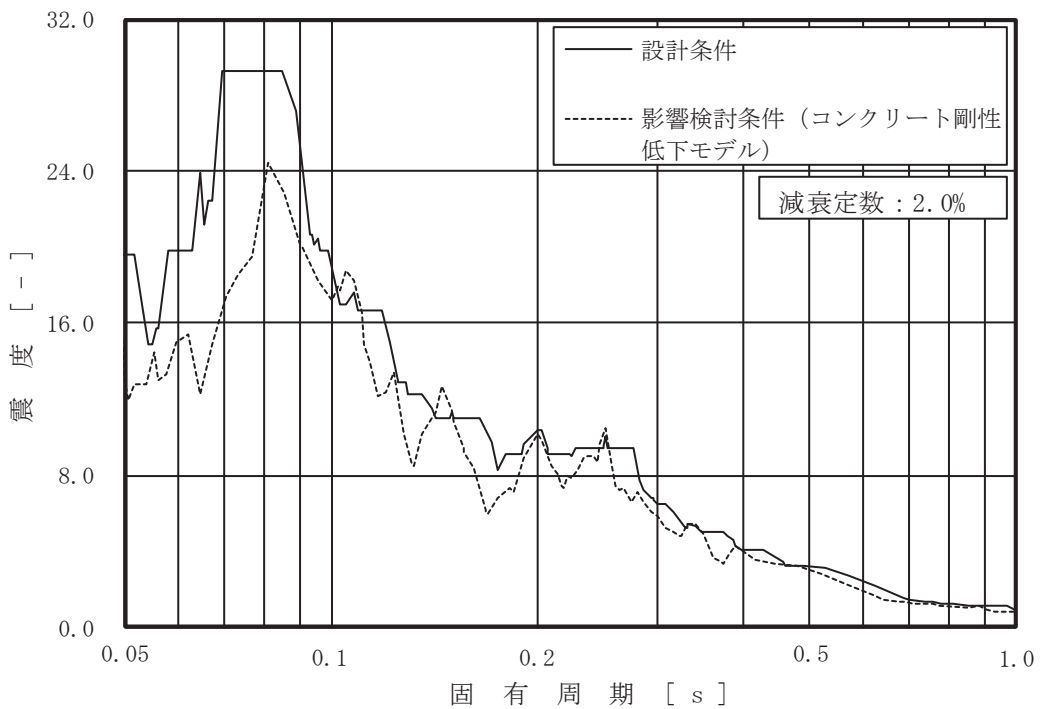


図 4-1 床応答曲線の比較 (8/63)

(基準地震動 S s , 海水ポンプ室 0.P.14.800m , 水平 (EW))

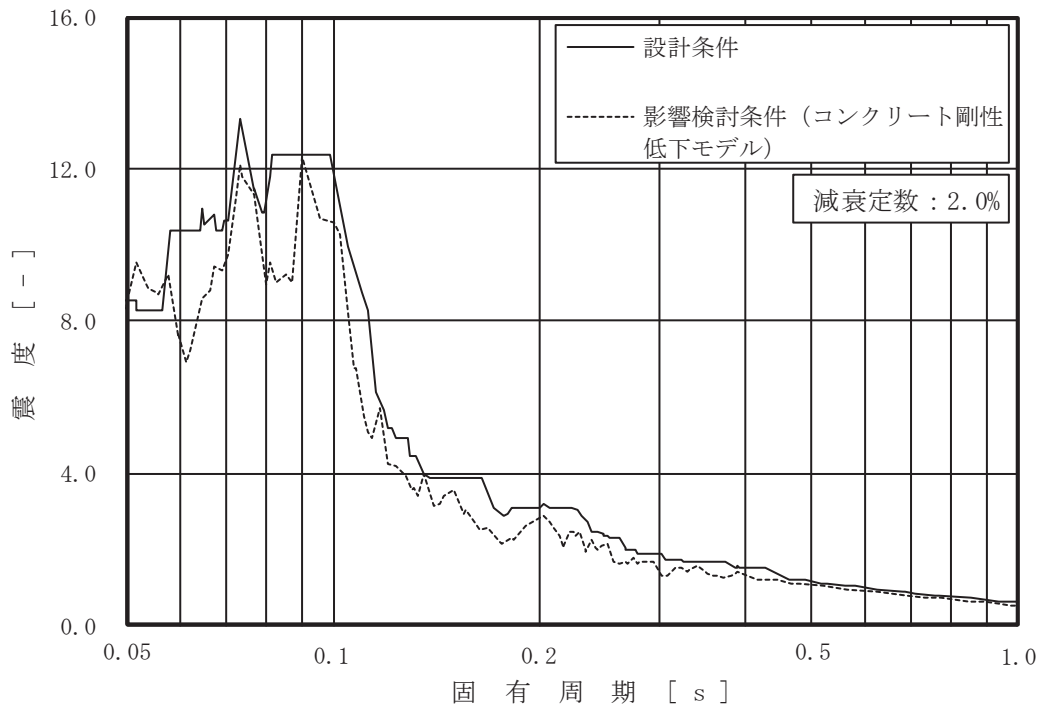


図 4-1 床応答曲線の比較 (9/63)

(基準地震動  $S_s$  , 海水ポンプ室 O.P.14.800m , 鉛直)

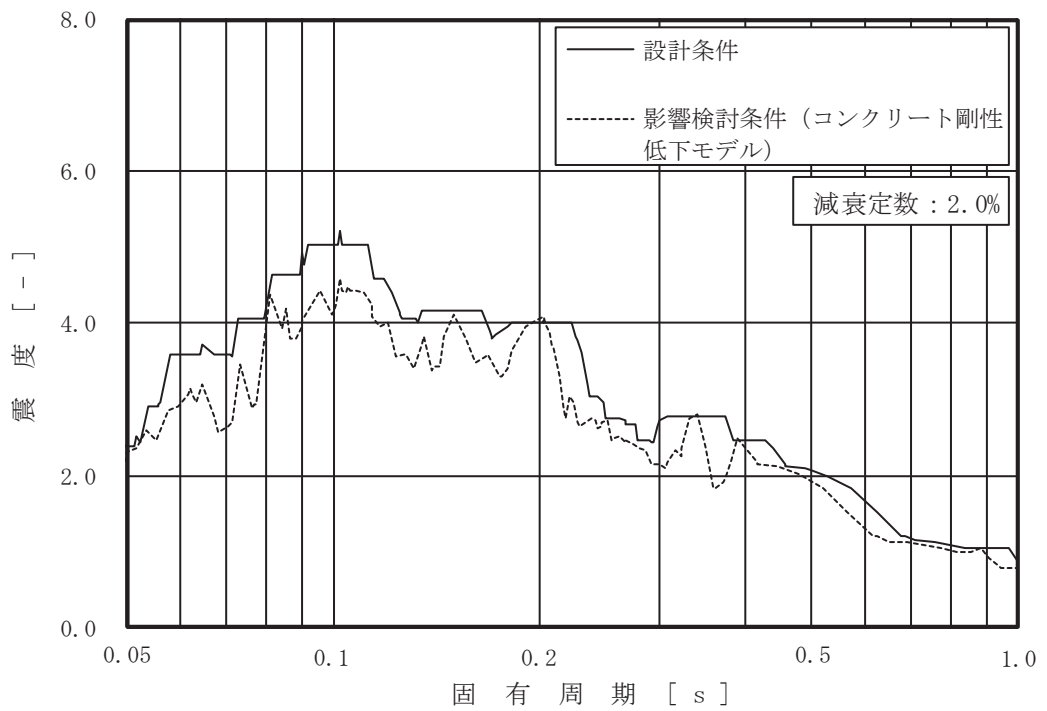


図 4-1 床応答曲線の比較 (10/63)

(基準地震動  $S_s$  , 海水ポンプ室 O.P.11.650m , 水平 (NS))



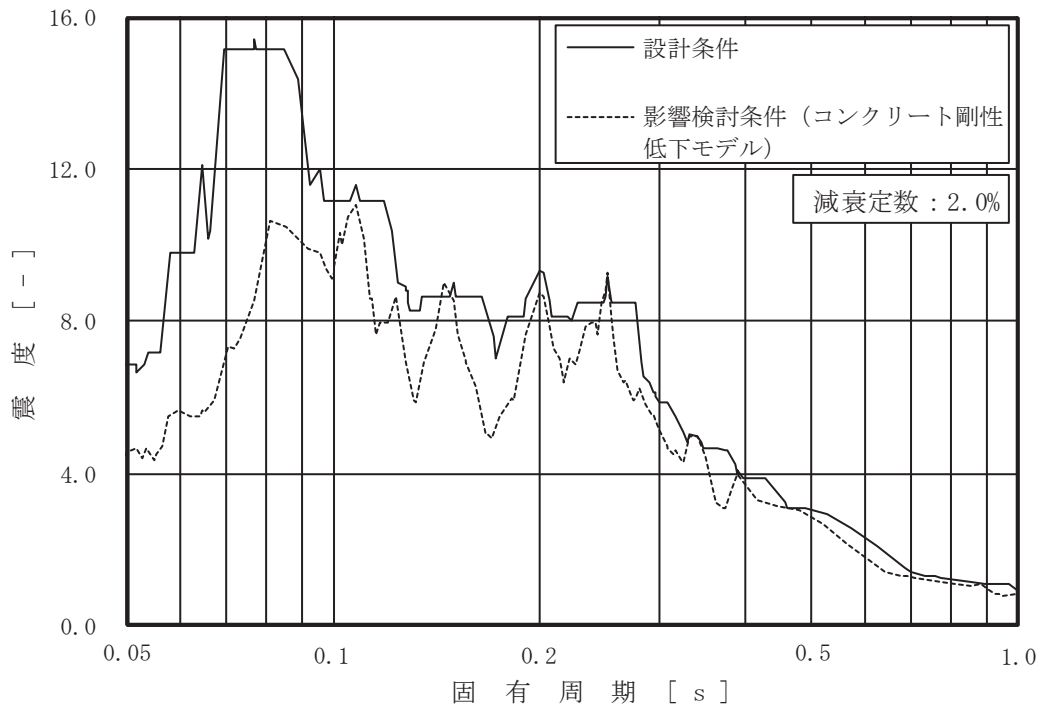


図 4-1 床応答曲線の比較 (11/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P. 11.025m, 水平 (EW))

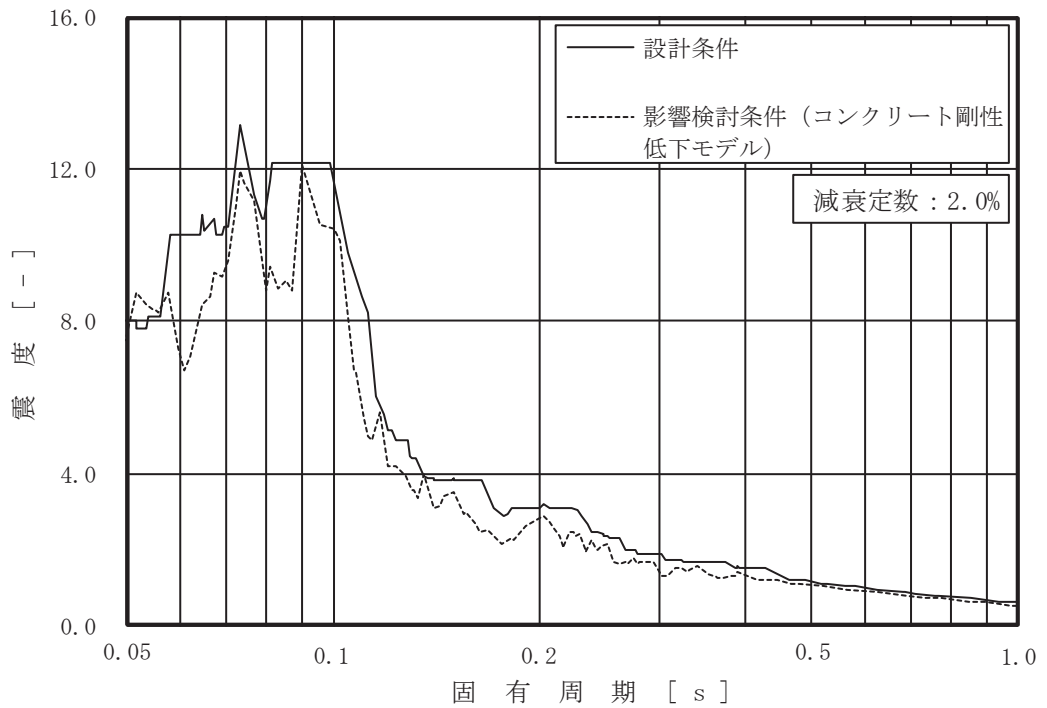


図 4-1 床応答曲線の比較 (12/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P. 11.025m, 鉛直)

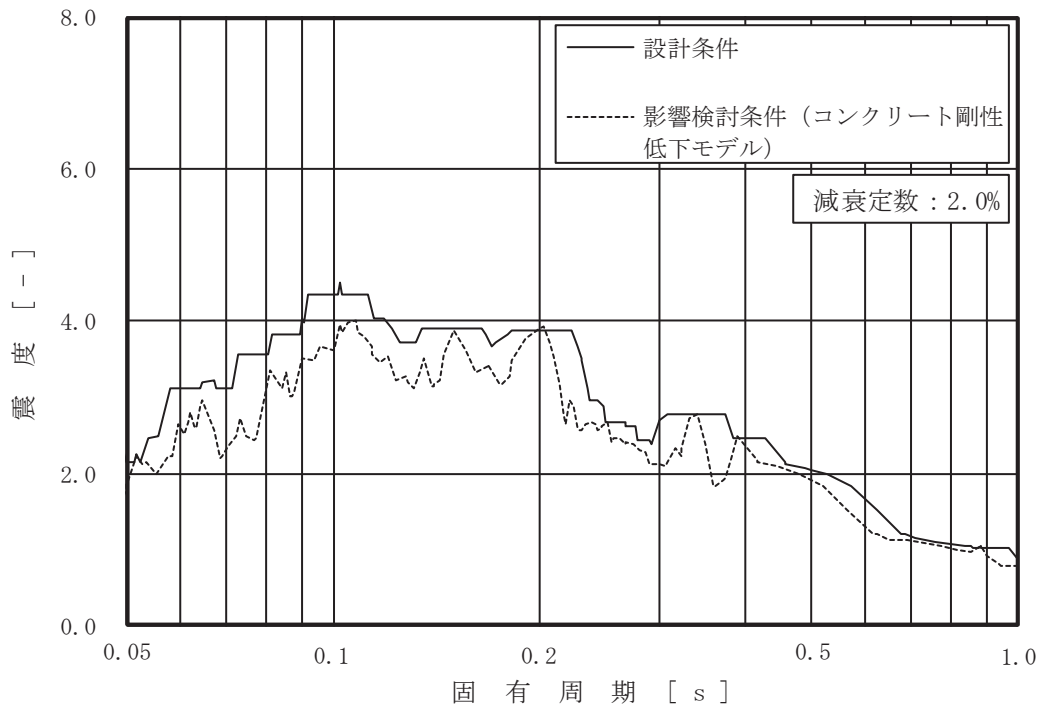


図 4-1 床応答曲線の比較 (13/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P.7.250m, 水平 (NS))

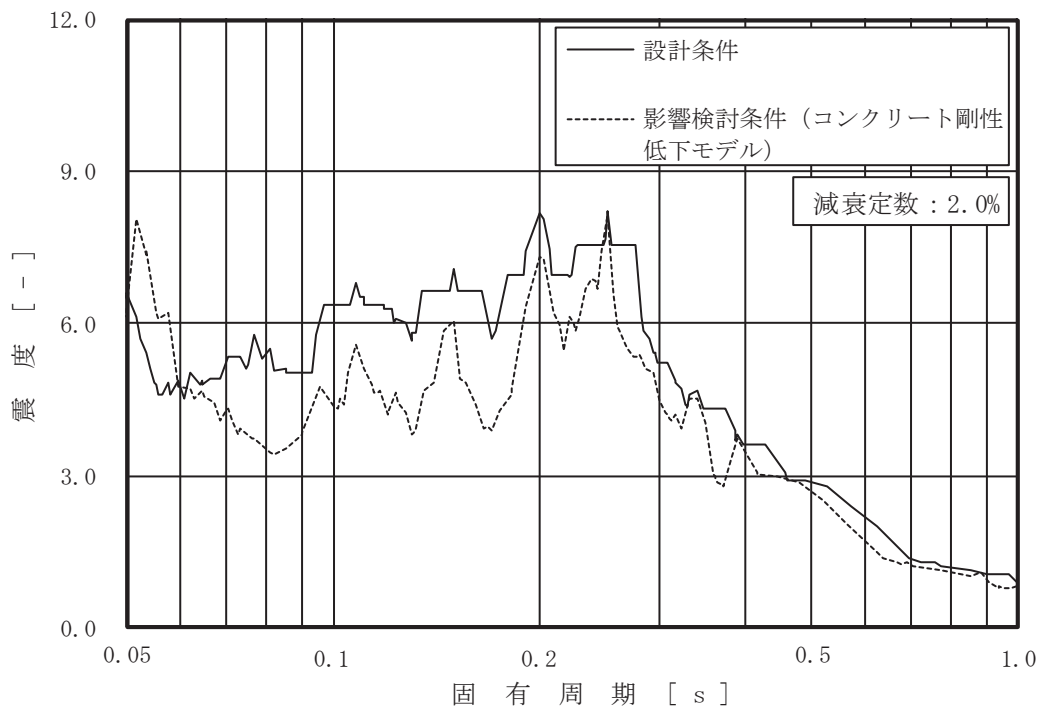


図 4-1 床応答曲線の比較 (14/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P.7.250m, 水平 (EW))

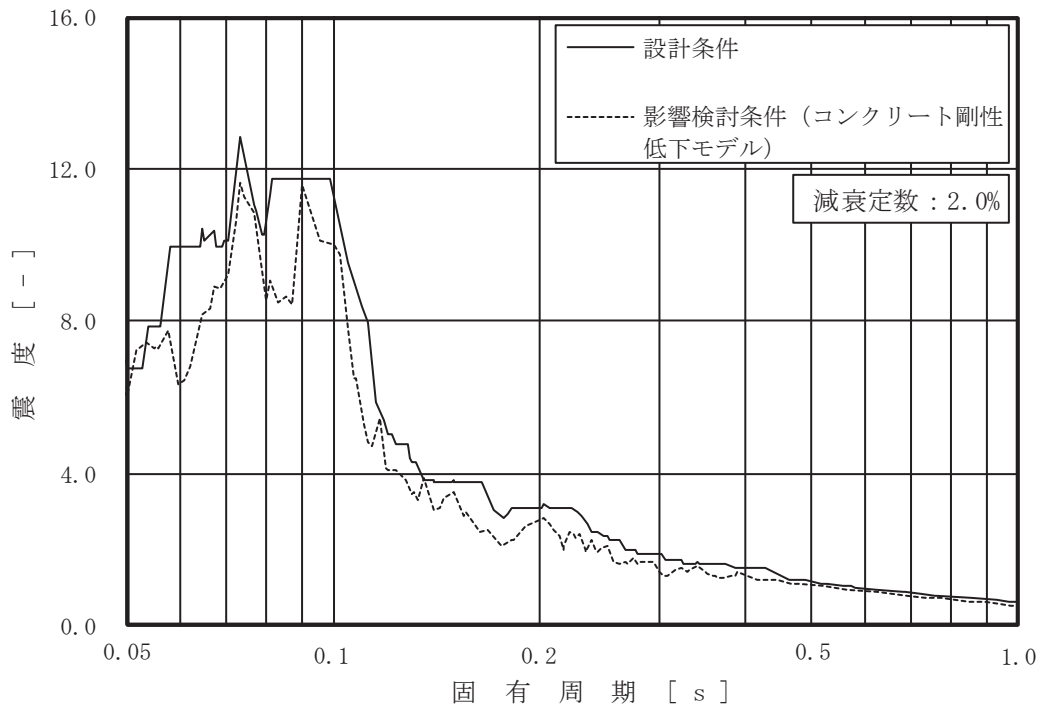


図 4-1 床応答曲線の比較 (15/63)  
 (基準地震動 S s , 海水ポンプ室 O.P. 7.250m , 鉛直)

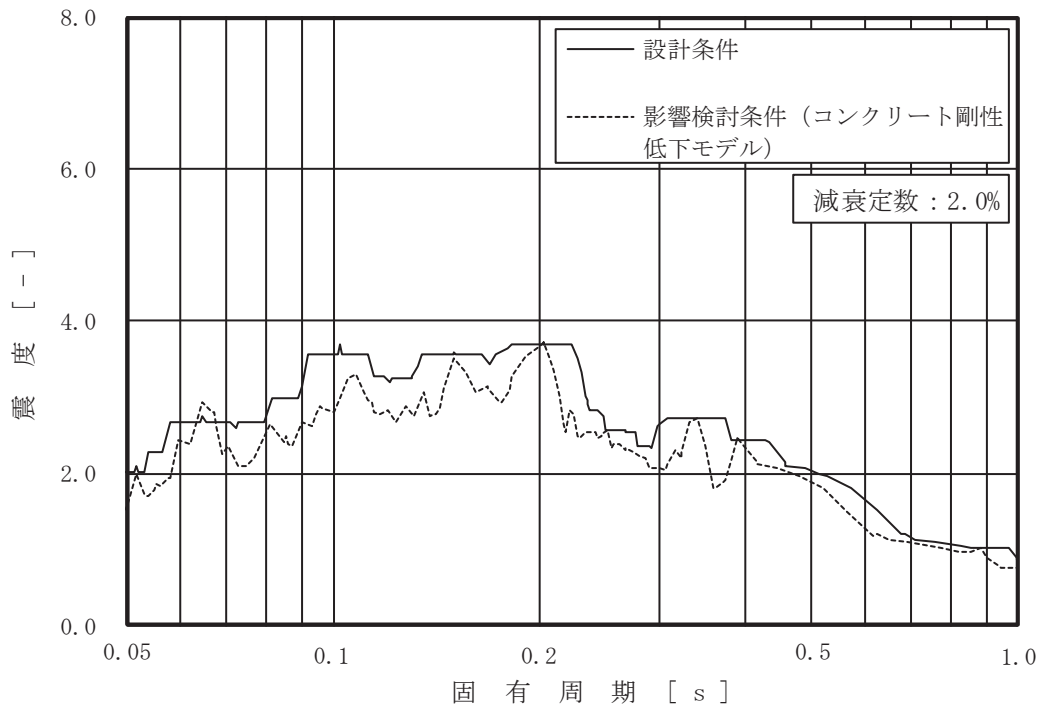


図 4-1 床応答曲線の比較 (16/63)  
 (基準地震動 S s , 海水ポンプ室 O.P. 2.250m , 水平 (NS))

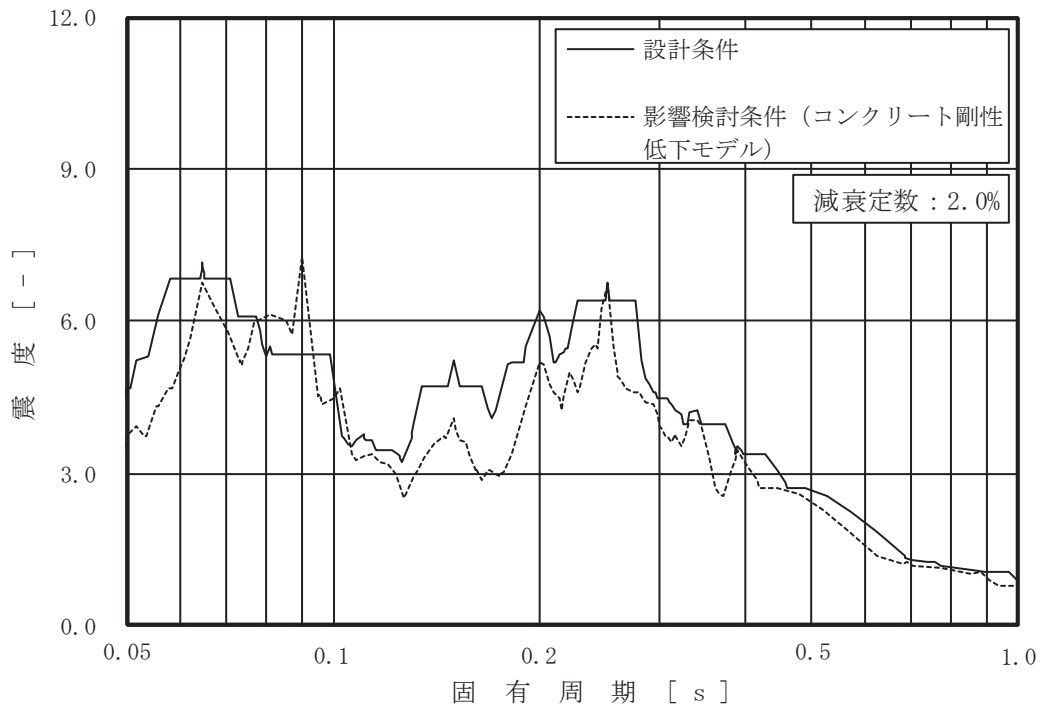


図 4-1 床応答曲線の比較 (17/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P.2.250m, 水平 (EW))

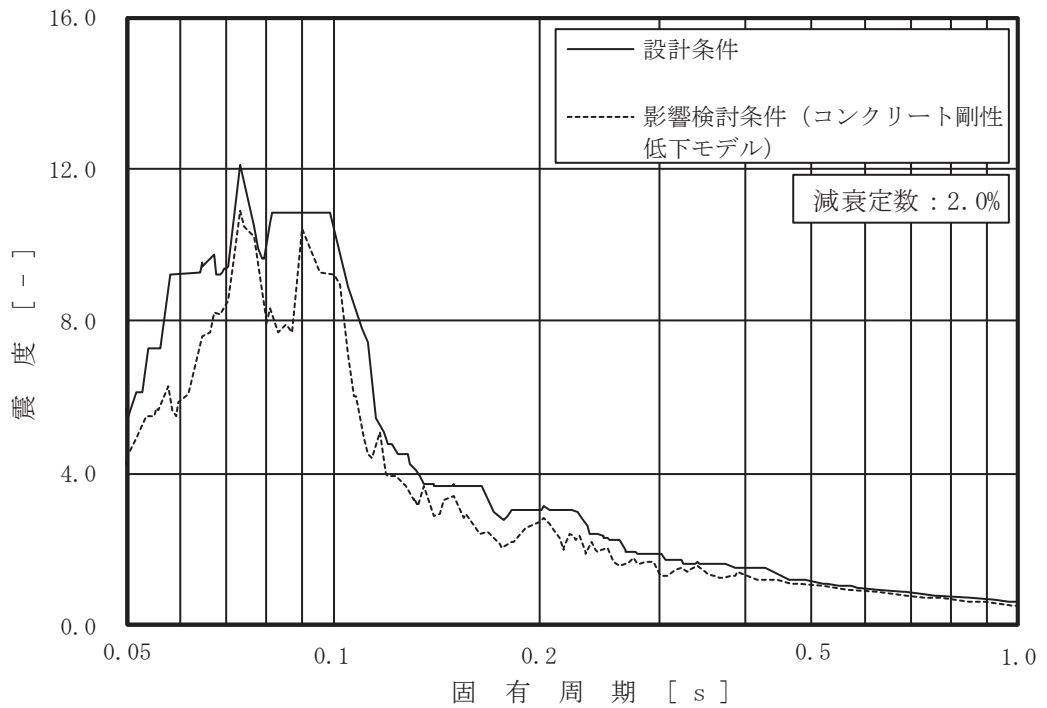


図 4-1 床応答曲線の比較 (18/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 0.P.2.250m, 鉛直)

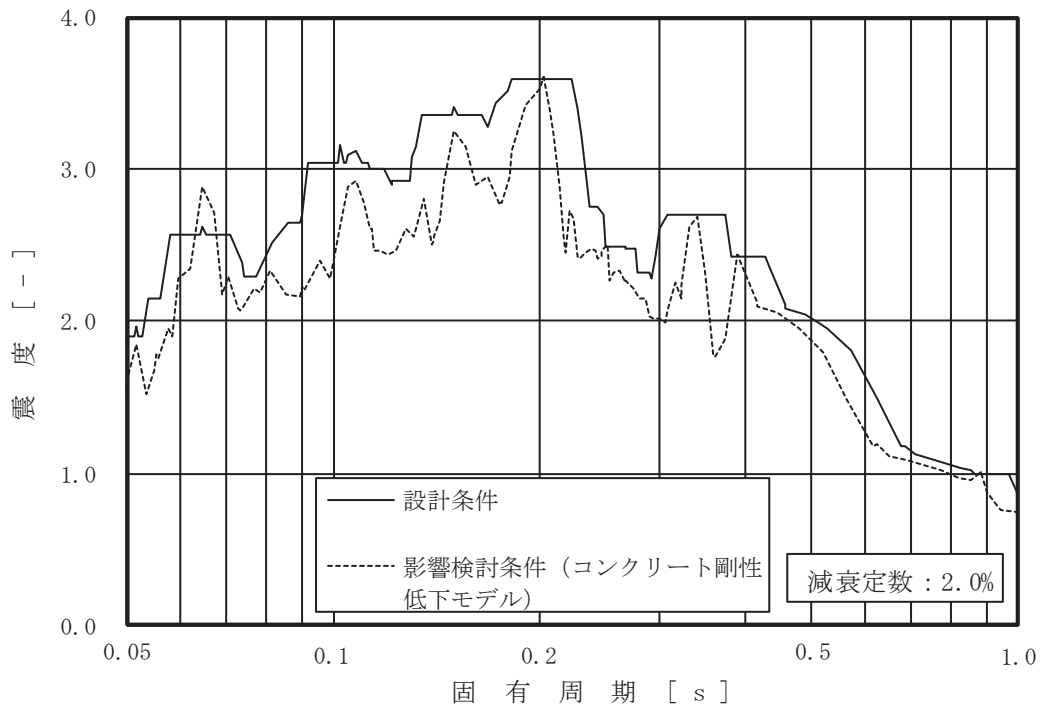


図 4-1 床応答曲線の比較 (19/63)

(基準地震動 S s , 海水ポンプ室 0.P. -0.550m , 水平 (NS))

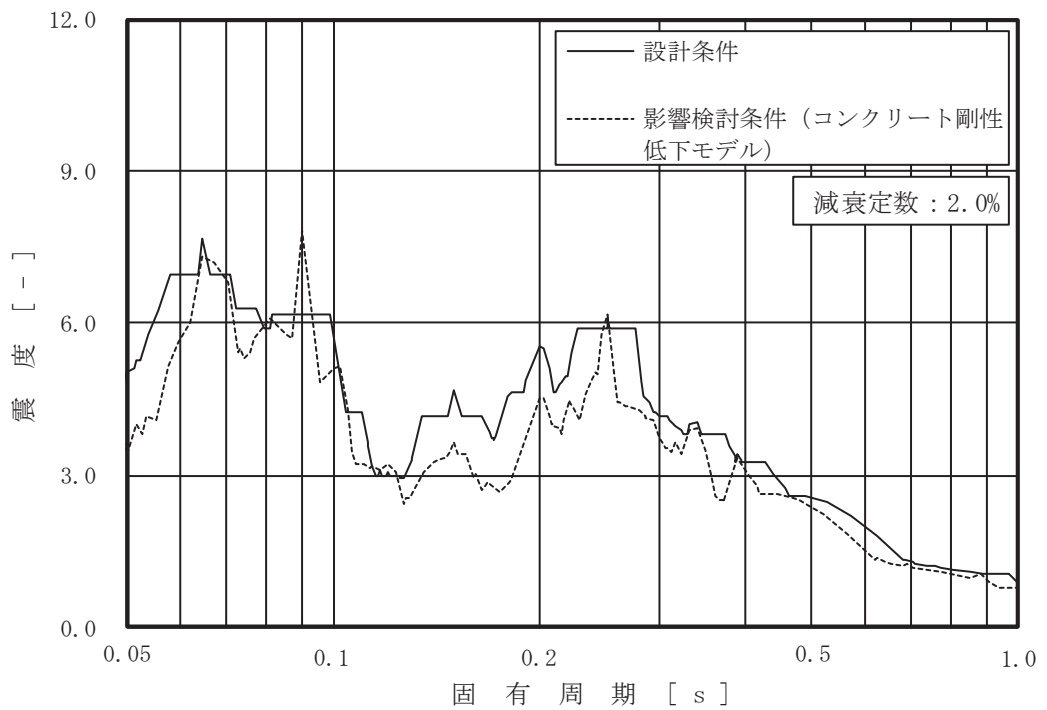


図 4-1 床応答曲線の比較 (20/63)

(基準地震動 S s , 海水ポンプ室 0.P. -0.550m , 水平 (EW))

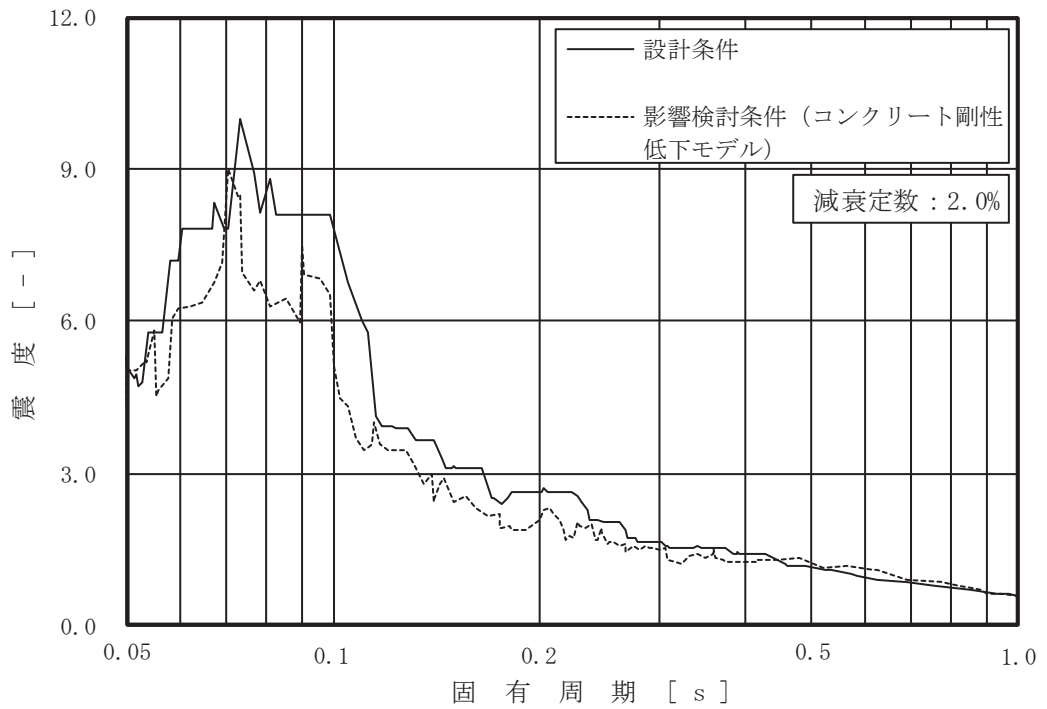


図 4-1 床応答曲線の比較 (21/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -0.550m, 鉛直)

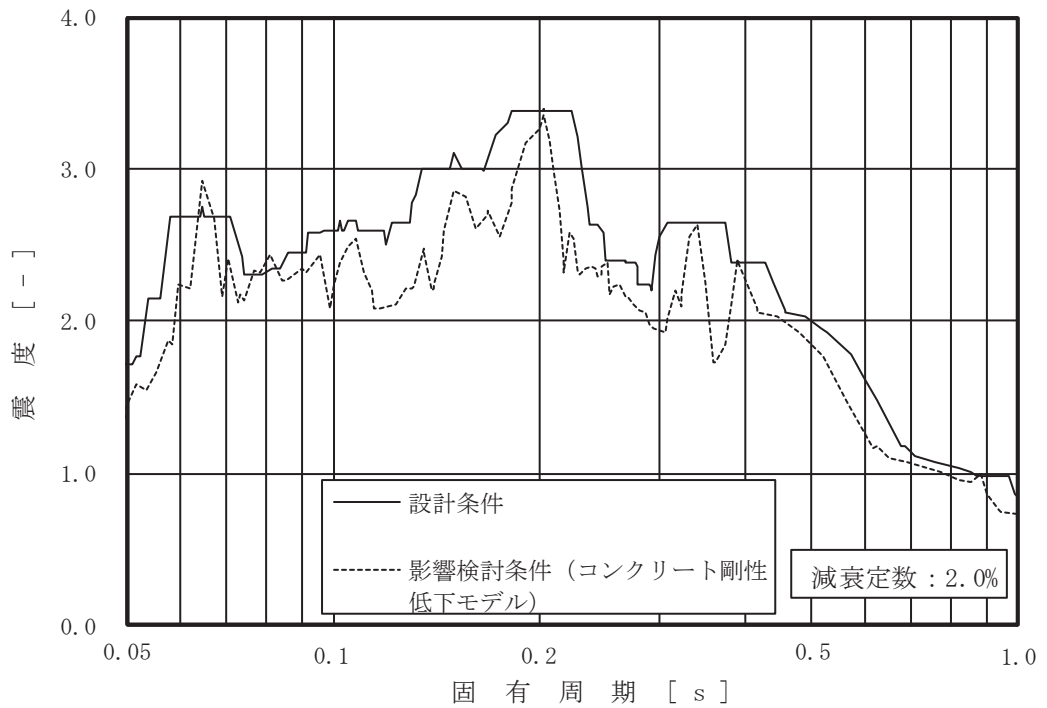


図 4-1 床応答曲線の比較 (22/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -6.400m, 水平 (NS))

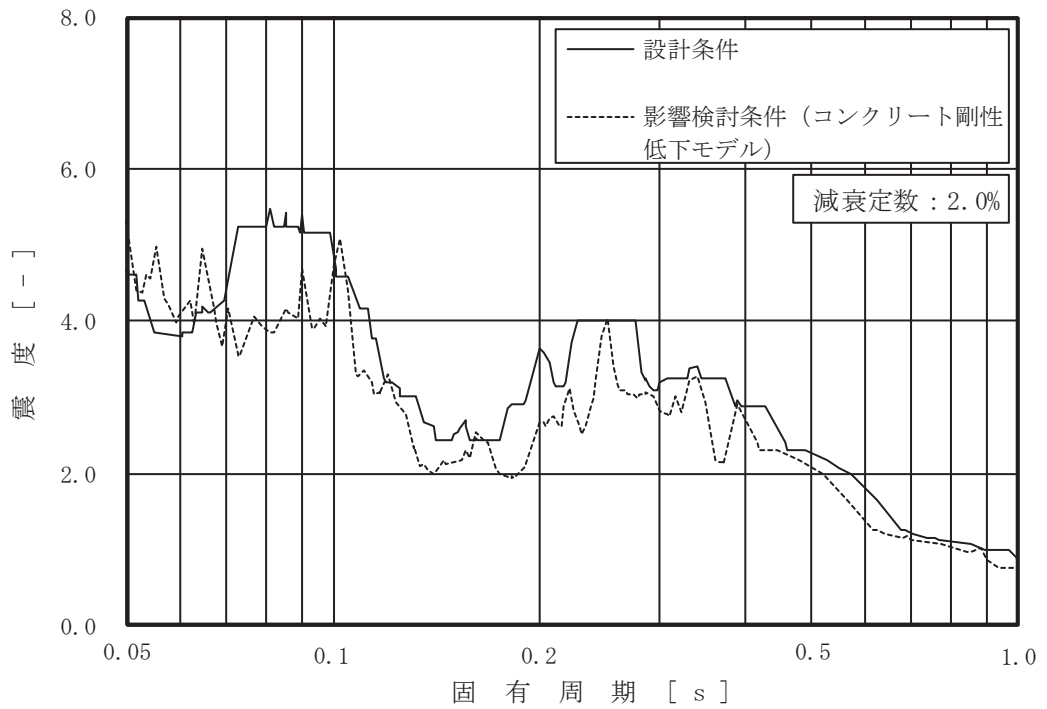


図 4-1 床応答曲線の比較 (23/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -7.025m, 水平 (EW))

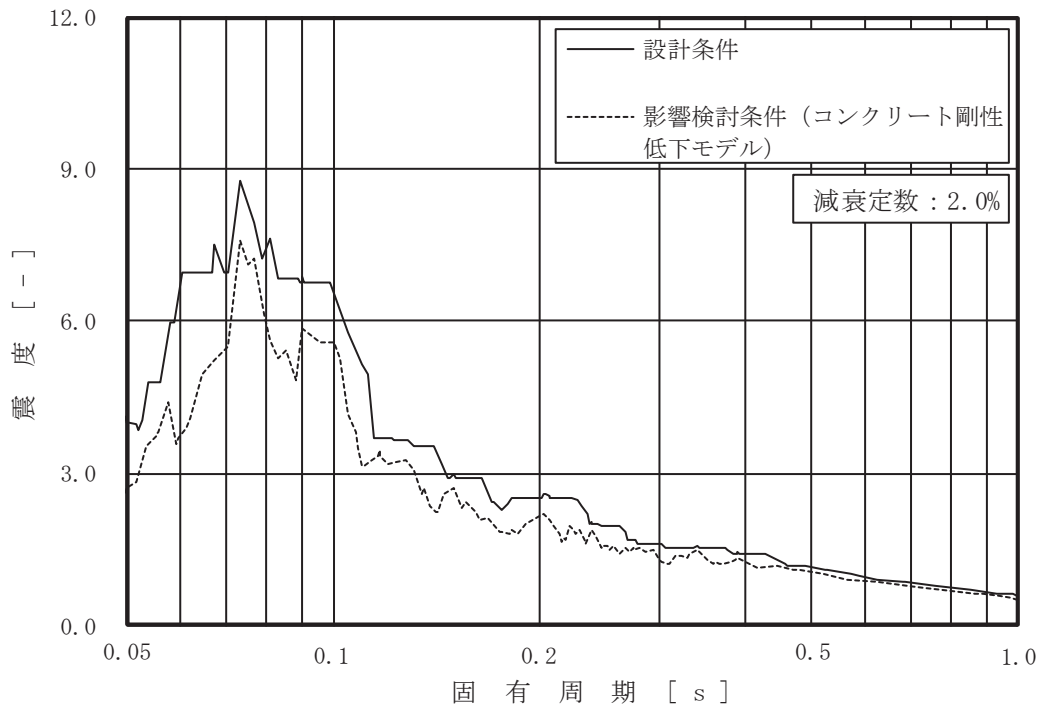


図 4-1 床応答曲線の比較 (24/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -7.025m, 鉛直)

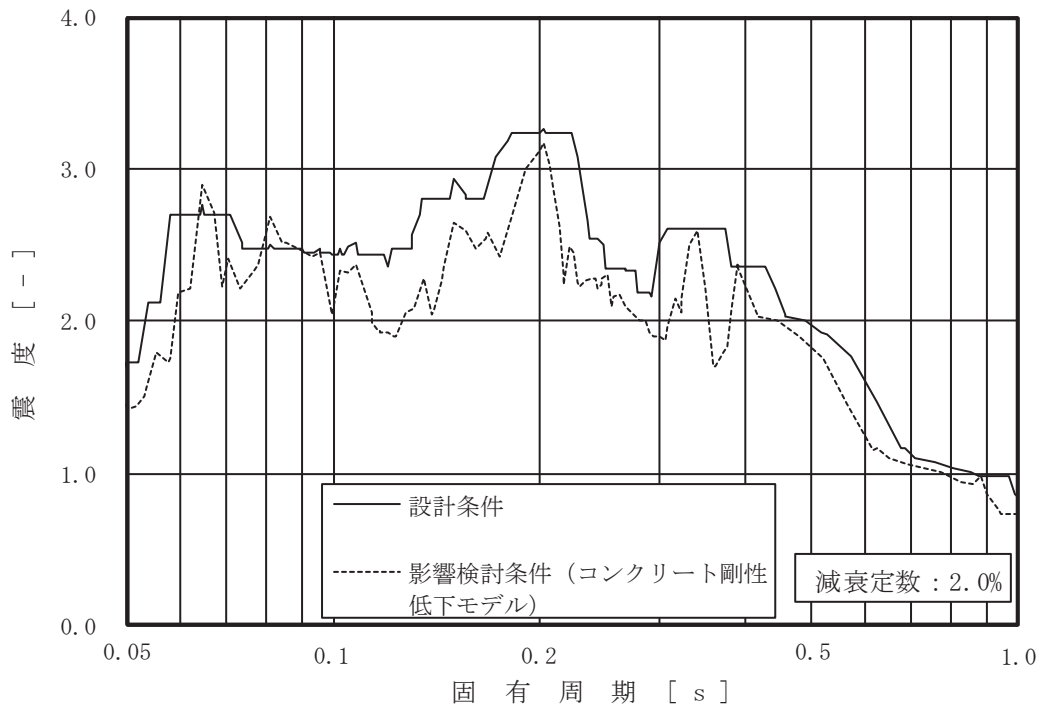


図 4-1 床応答曲線の比較 (25/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -9.800m, 水平 (NS))

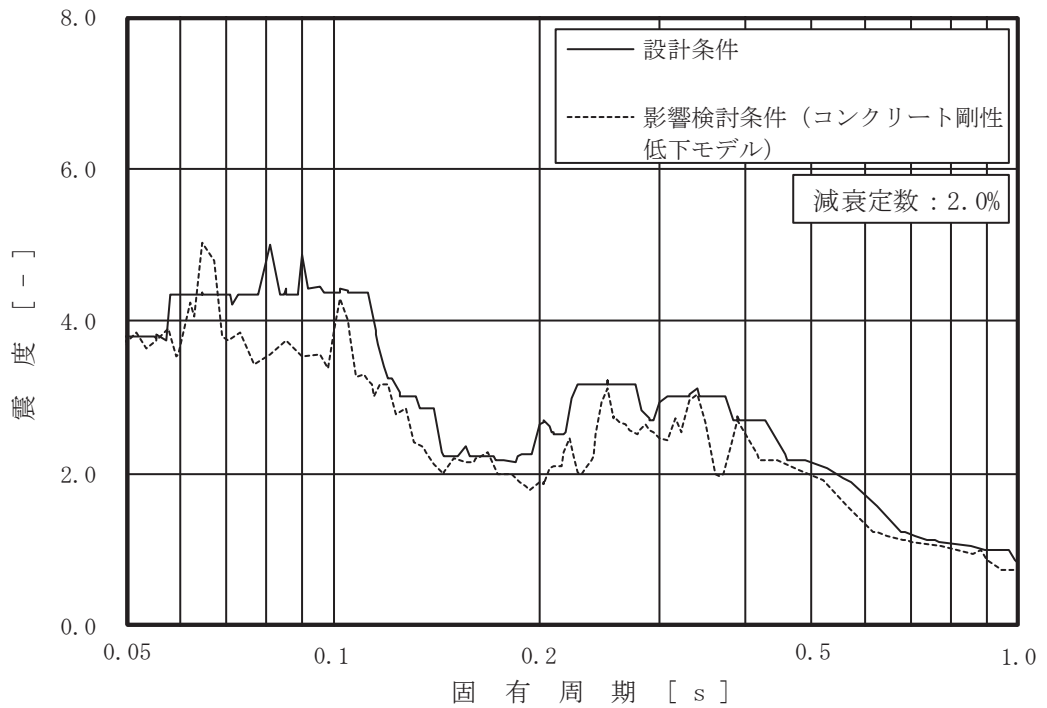


図 4-1 床応答曲線の比較 (26/63)

(基準地震動 S s, 海水ポンプ室 O.P. -9.800m, 水平 (EW))



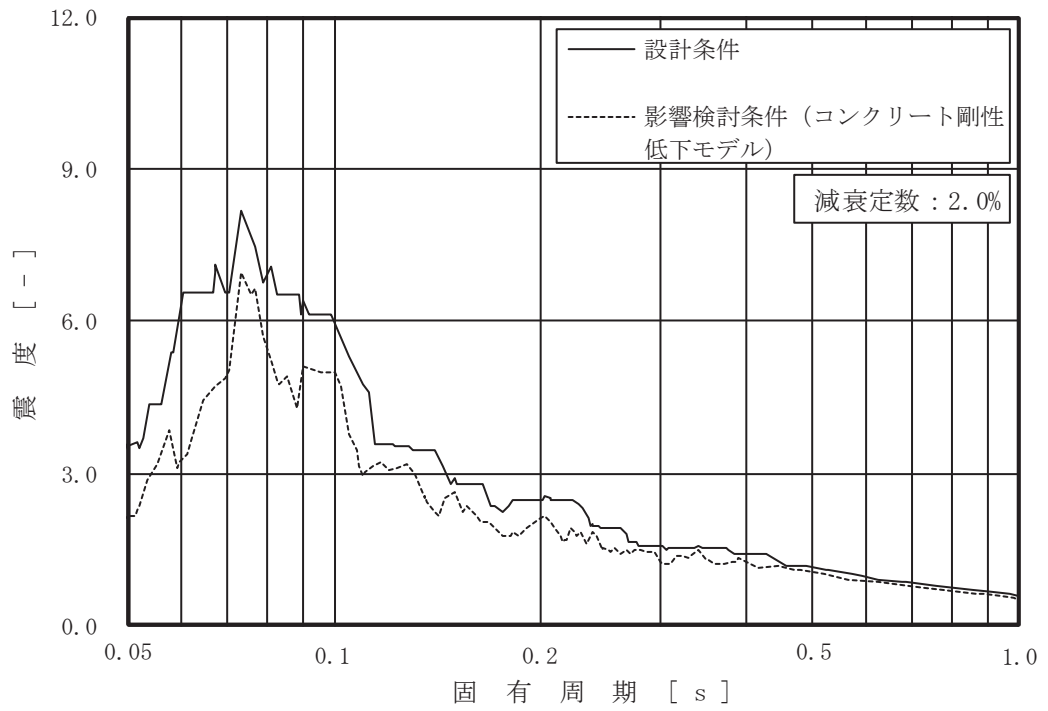


図 4-1 床応答曲線の比較 (27/63)

(基準地震動 S s , 海水ポンプ室 O.P.-9.800m , 鉛直)

(3) 軽油タンク室

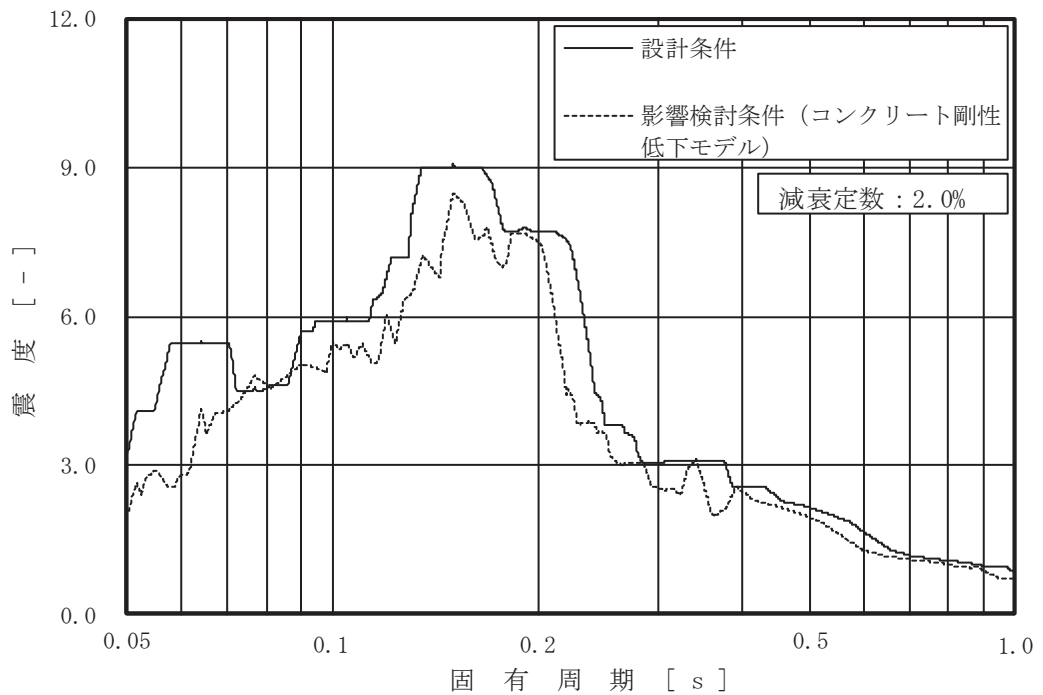


図 4-1 床応答曲線の比較 (28/63)

(基準地震動 S s , 軽油タンク室 (タンク室) 0.P.14.800m , 水平 (NS/EW 包絡))

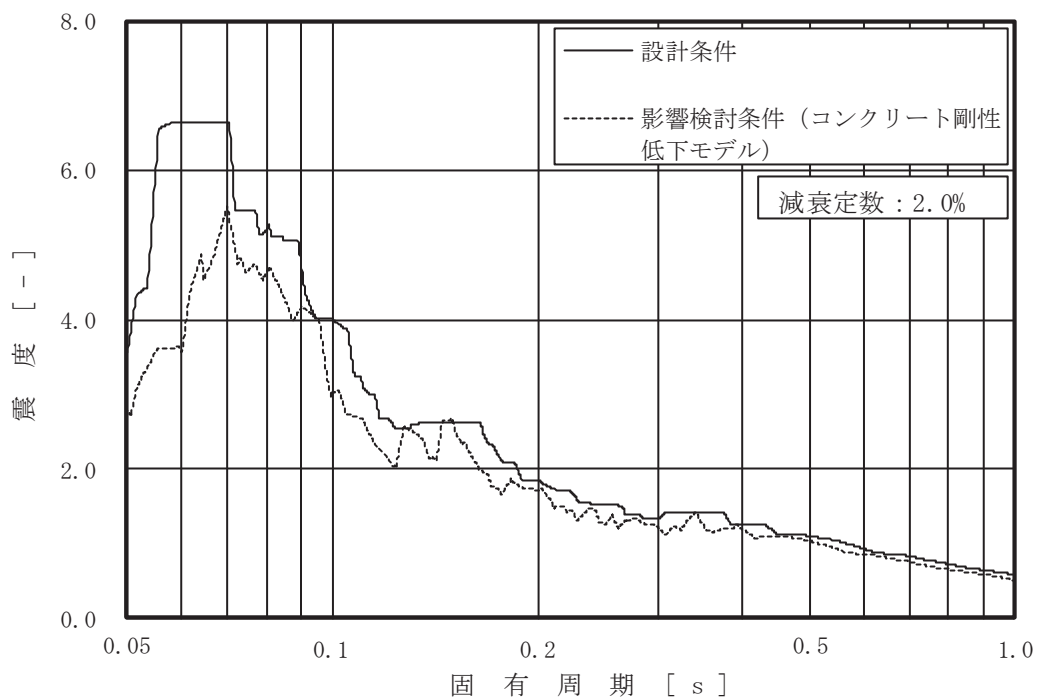


図 4-1 床応答曲線の比較 (29/63)

(基準地震動 S s , 軽油タンク室 (タンク室) 0.P.14.800m , 鉛直)

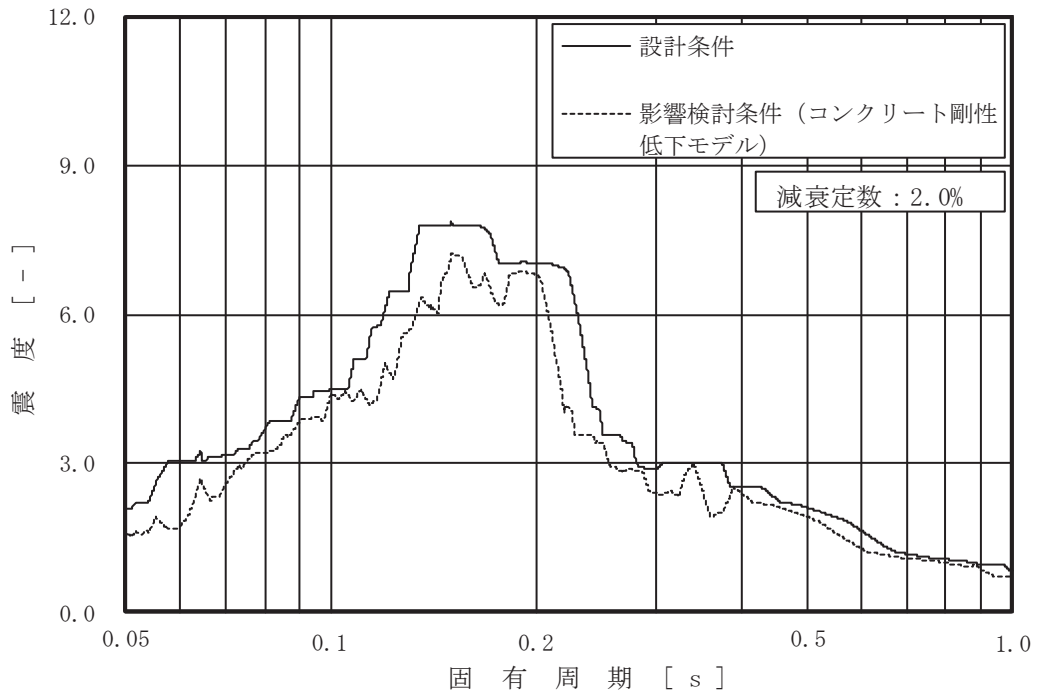


図 4-1 床応答曲線の比較 (30/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (タンク室) 0.P.9.500m , 水平 (NS/EW 包絡))

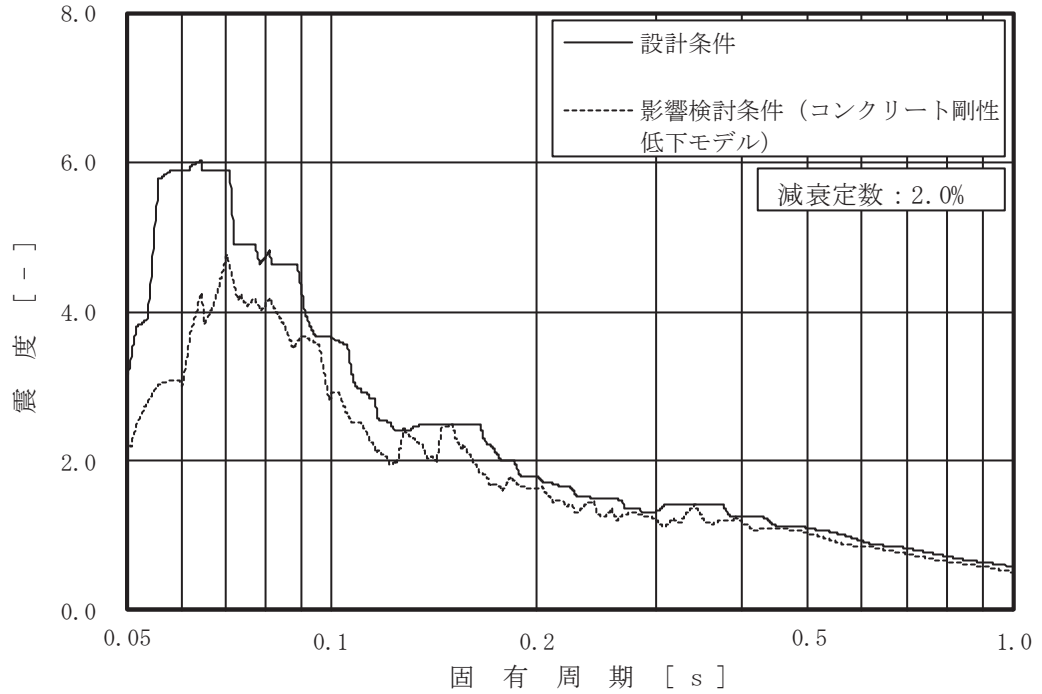


図 4-1 床応答曲線の比較 (31/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (タンク室) 0.P.9.500m , 鉛直)

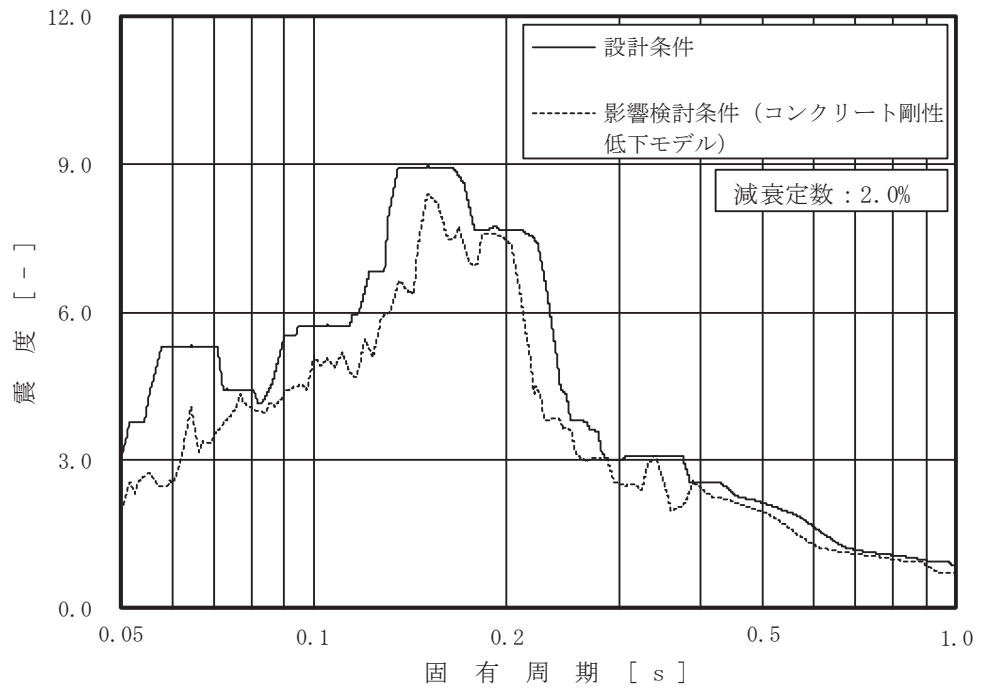


図 4-1 床応答曲線の比較 (32/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (ポンプ室) O.P. 14.800m , 水平 (NS/EW 包絡))

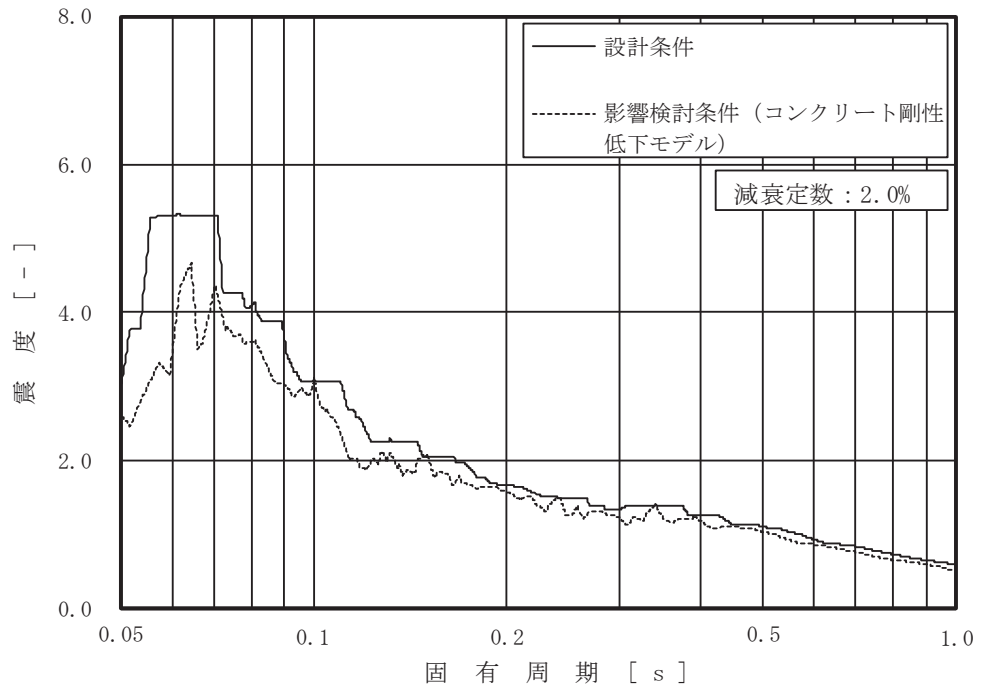


図 4-1 床応答曲線の比較 (33/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (ポンプ室) O.P. 14.800m , 鉛直)

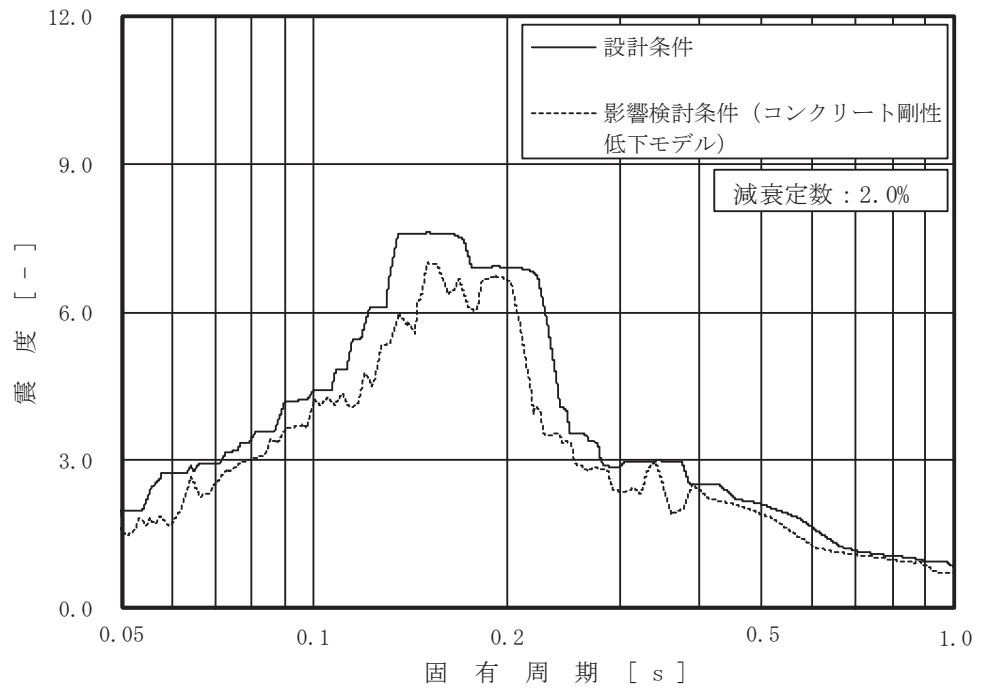


図 4-1 床応答曲線の比較 (34/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (ポンプ室) 0.P.9.500m , 水平 (NS/EW 包絡))

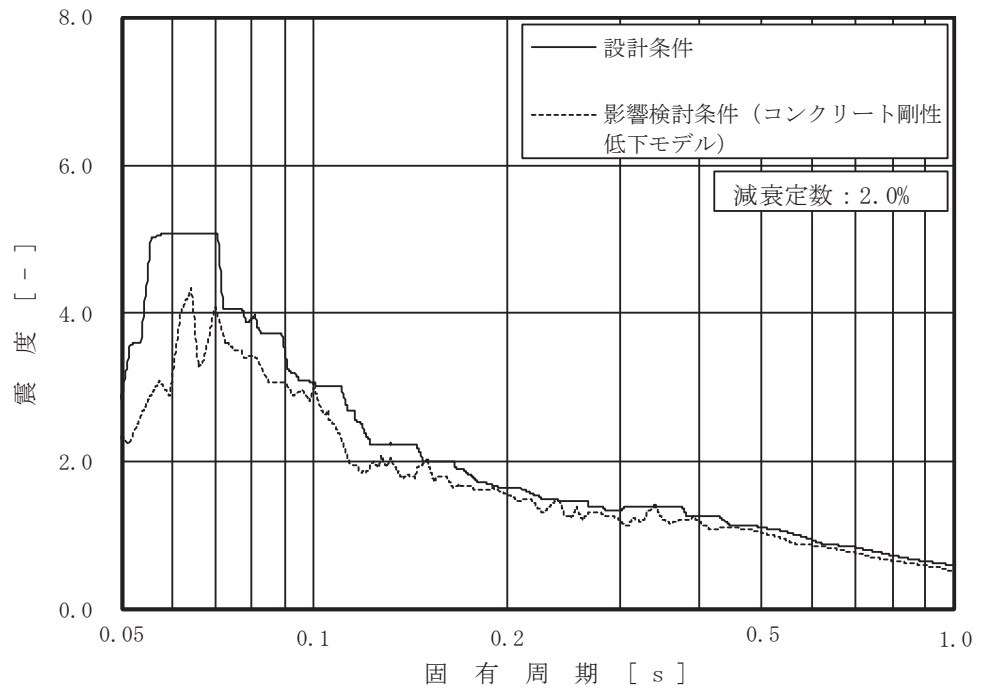


図 4-1 床応答曲線の比較 (35/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (ポンプ室) 0.P.9.500m , 鉛直)

(4) 軽油タンク室(H)

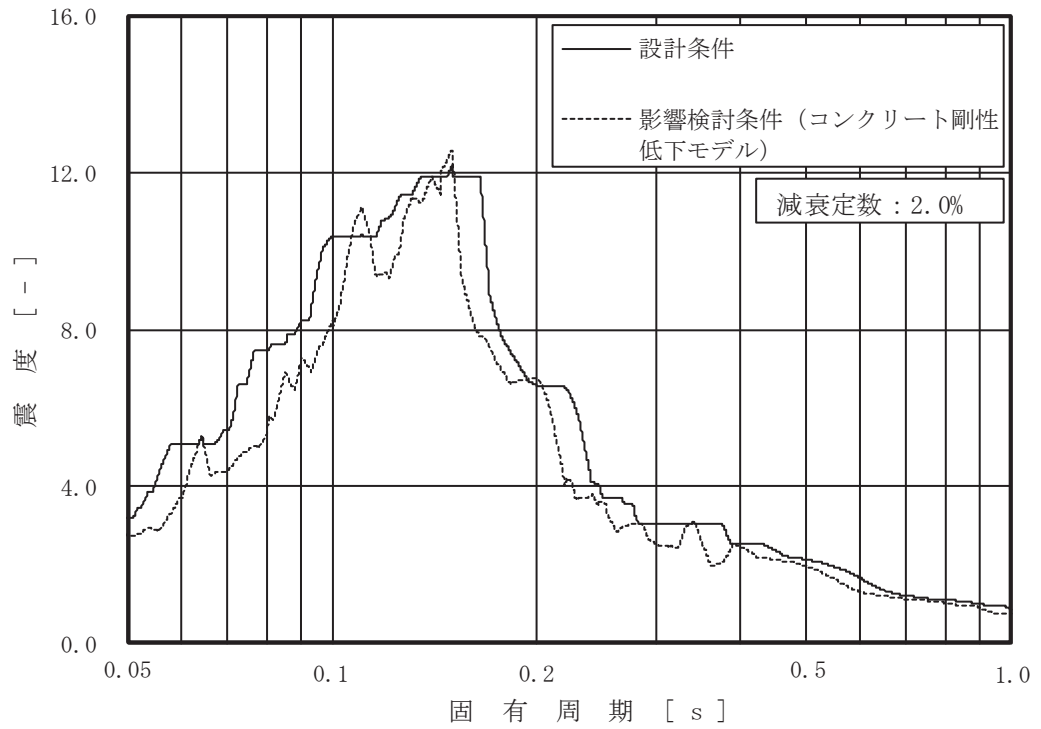


図 4-1 床応答曲線の比較 (36/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (H) 0.P.14.800m , 水平 (NS/EW 包絡))

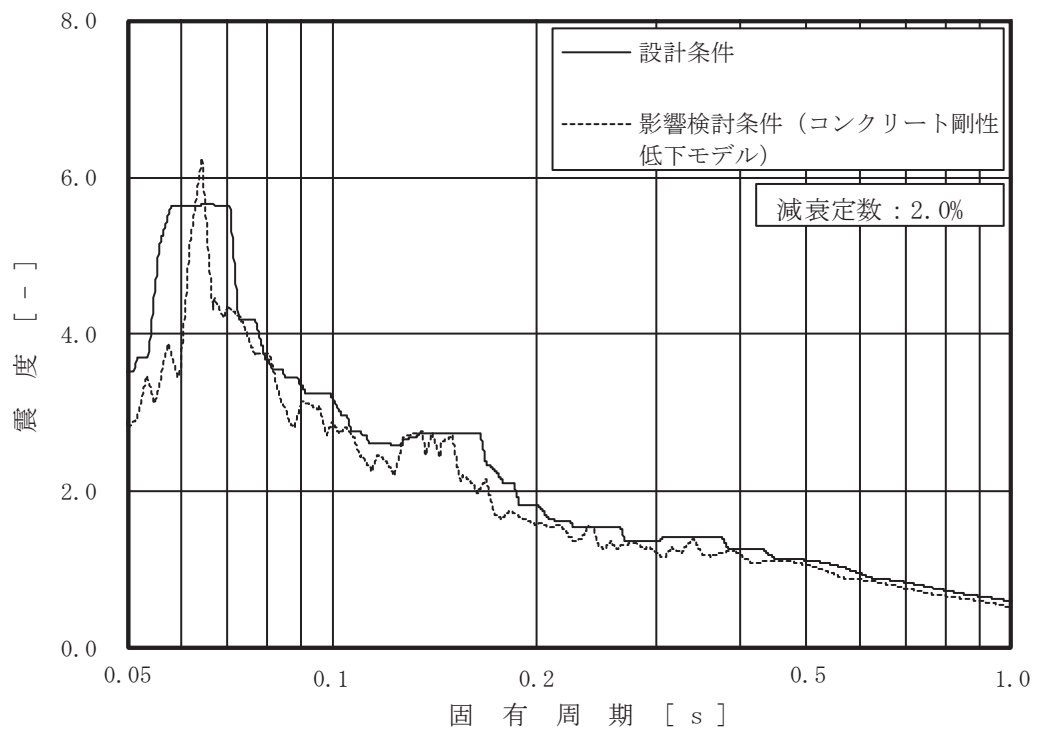


図 4-1 床応答曲線の比較 (37/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (H) 0.P.14.800m , 鉛直)

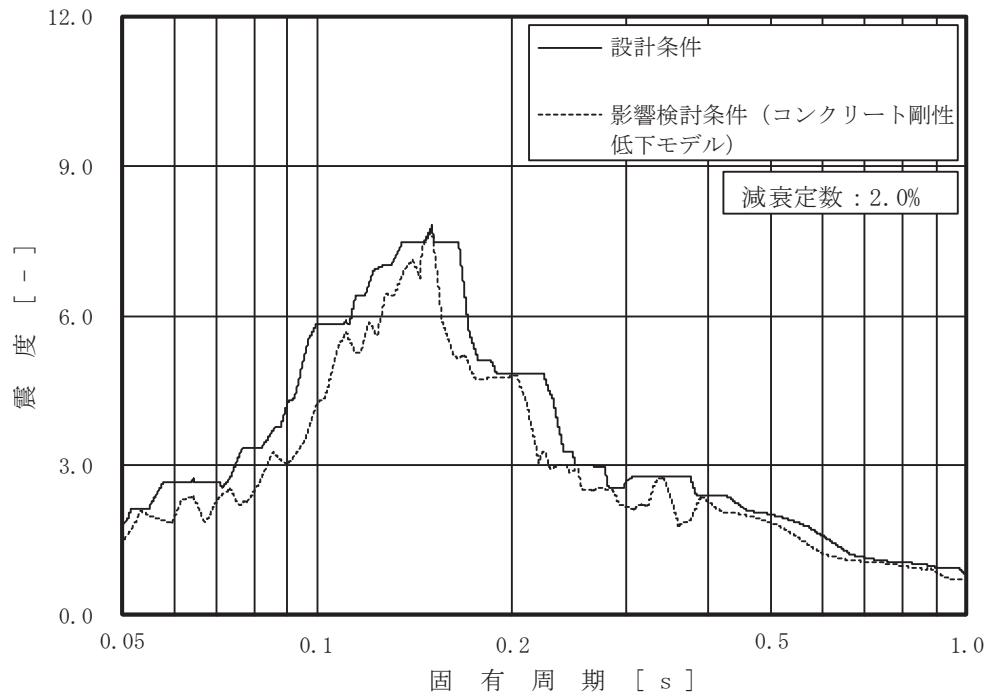


図 4-1 床応答曲線の比較 (38/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (H) 0.P. 6.400m , 水平 (NS/EW 包絡))

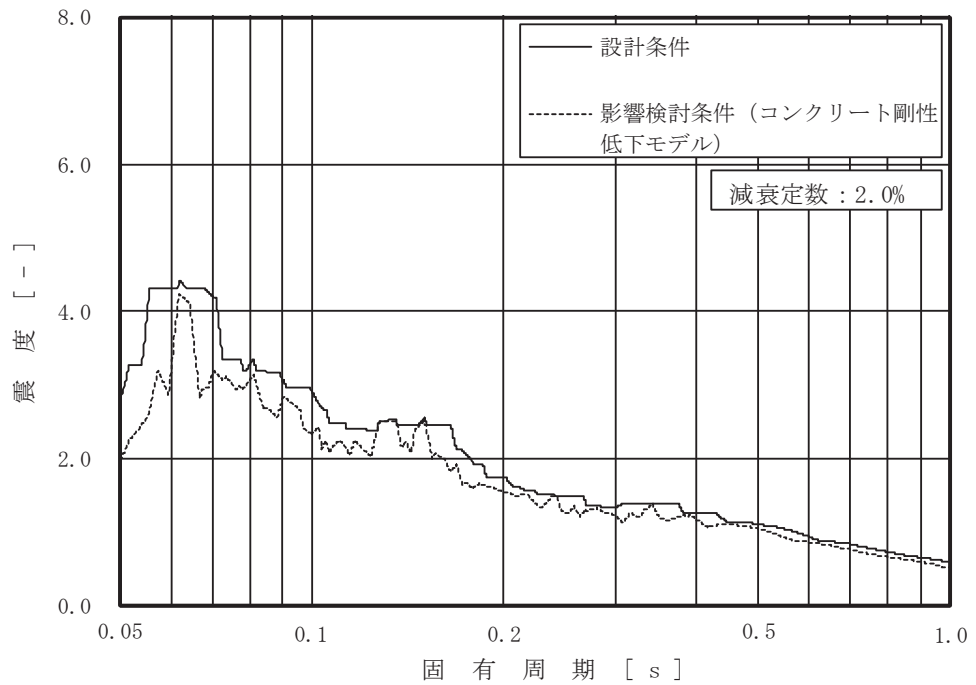


図 4-1 床応答曲線の比較 (39/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク室 (H) 0.P. 6.400m , 鉛直)

(5) ガスタービン発電設備軽油タンク室

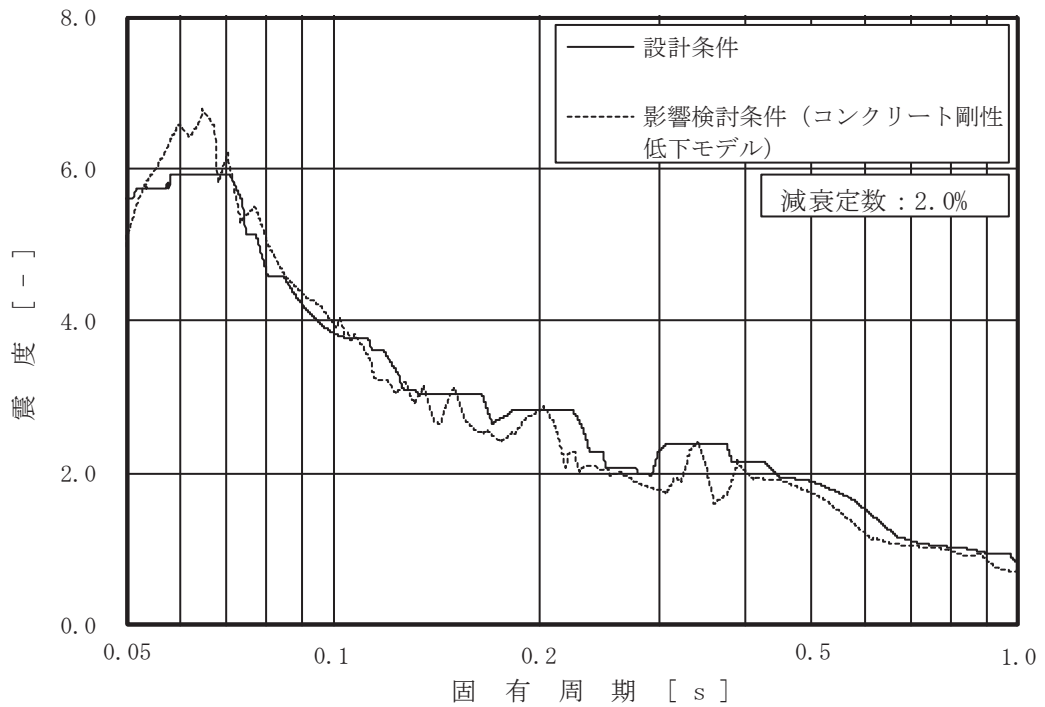


図 4-1 床応答曲線の比較 (40/63) (基準地震動  $S_s$  , ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.62.30m , 水平 (NS/EW 包絡))

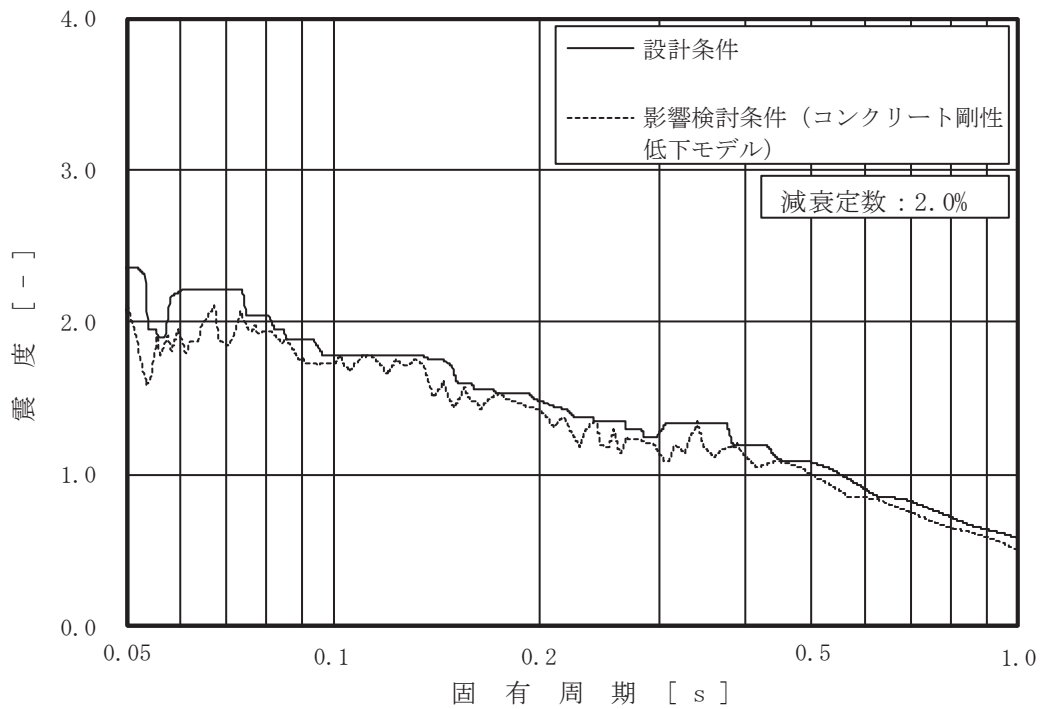


図 4-1 床応答曲線の比較 (41/63) (基準地震動  $S_s$  , ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.62.30m , 鉛直)



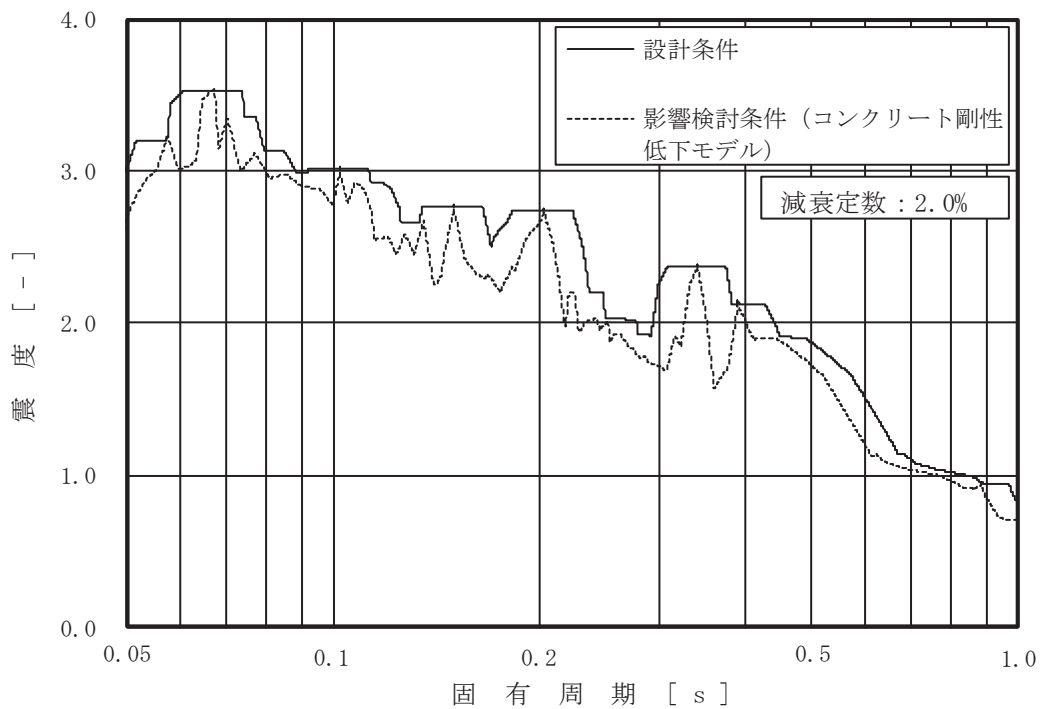


図 4-1 床応答曲線の比較 (42/63) (基準地震動  $S_s$  ,  
ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.56.70m , 水平 (NS/EW 包絡))

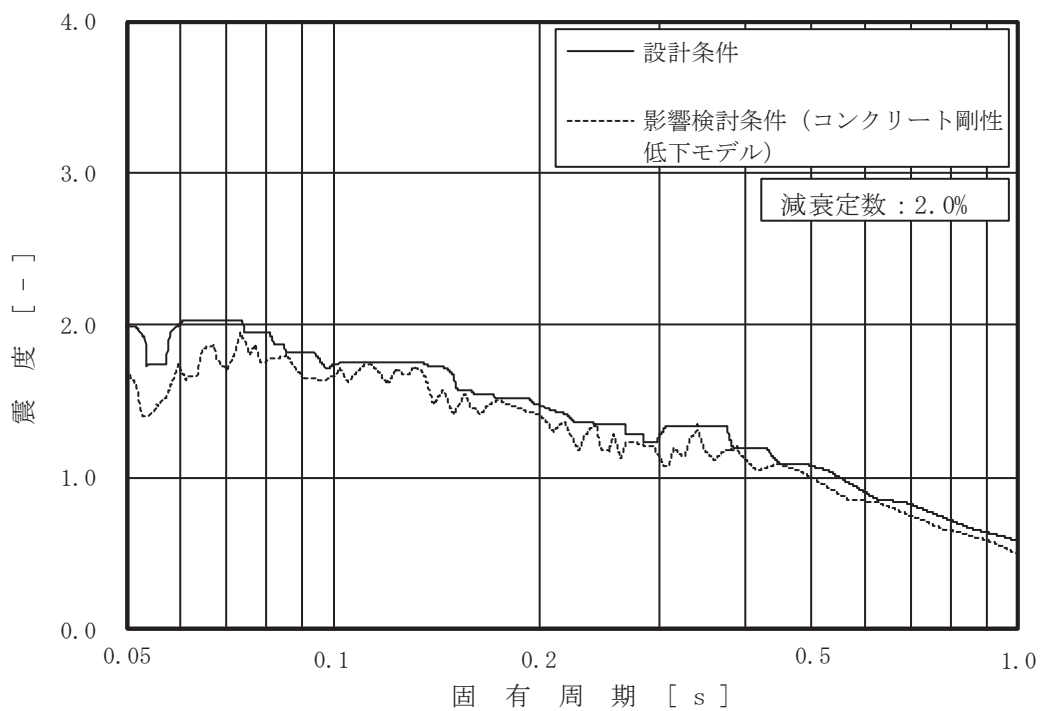


図 4-1 床応答曲線の比較 (43/63)  
(基準地震動  $S_s$  , ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.56.70m , 鉛直)

(6) 軽油タンク連絡ダクト

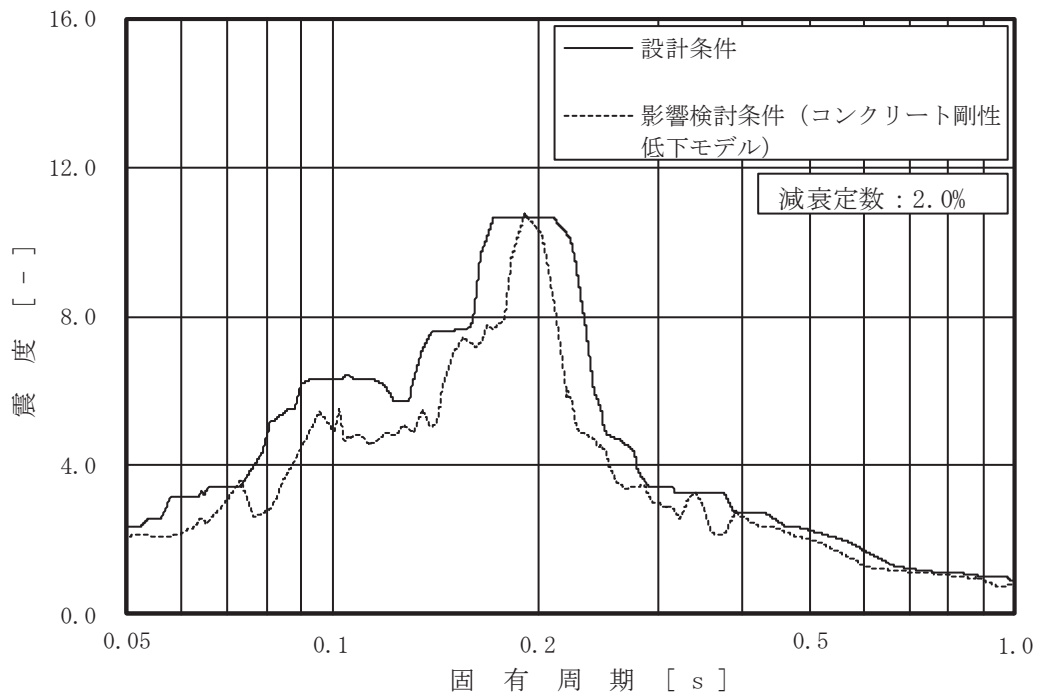


図 4-1 床応答曲線の比較 (44/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P.12.10m , 水平 (NS/EW 包絡))

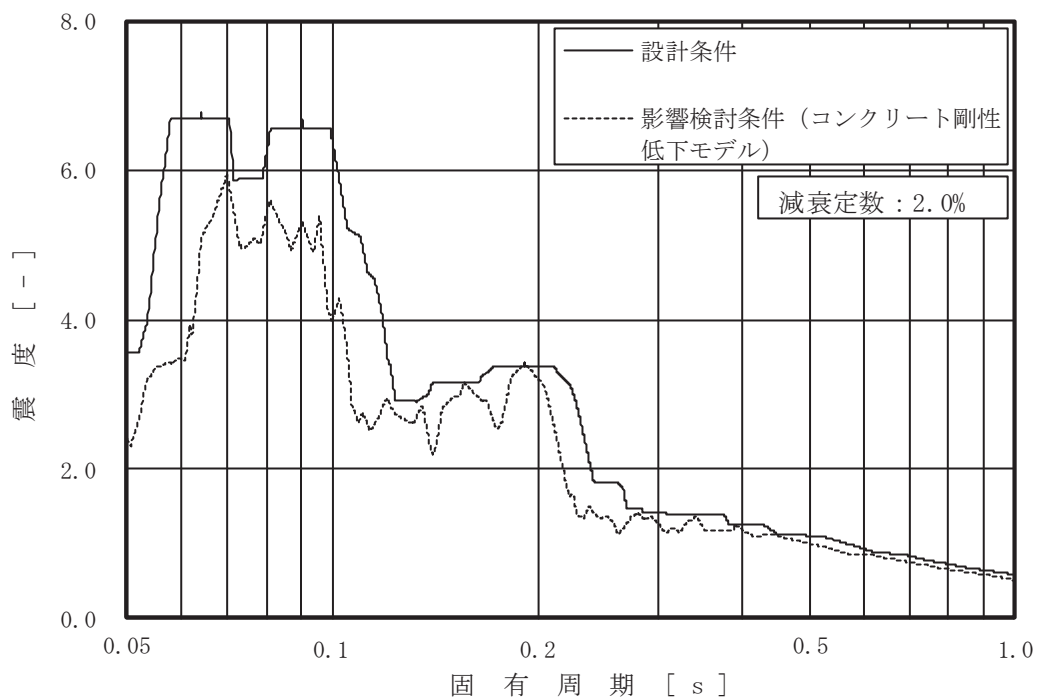


図 4-1 床応答曲線の比較 (45/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P.12.10m , 鉛直)

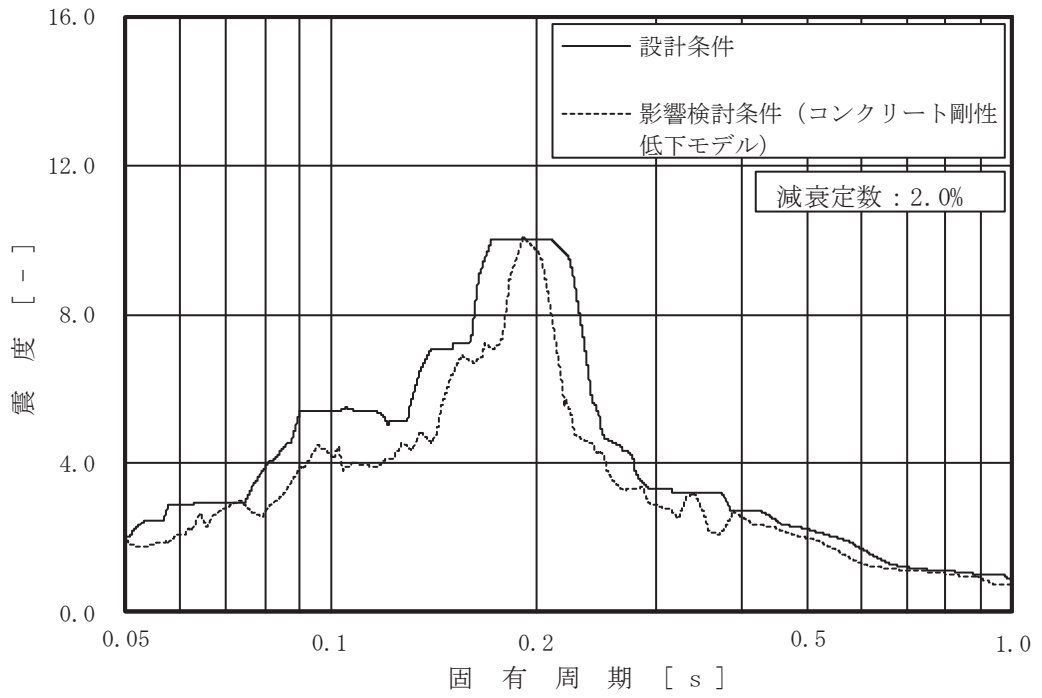


図 4-1 床応答曲線の比較 (46/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P.10.50m , 水平 (NS/EW 包絡))

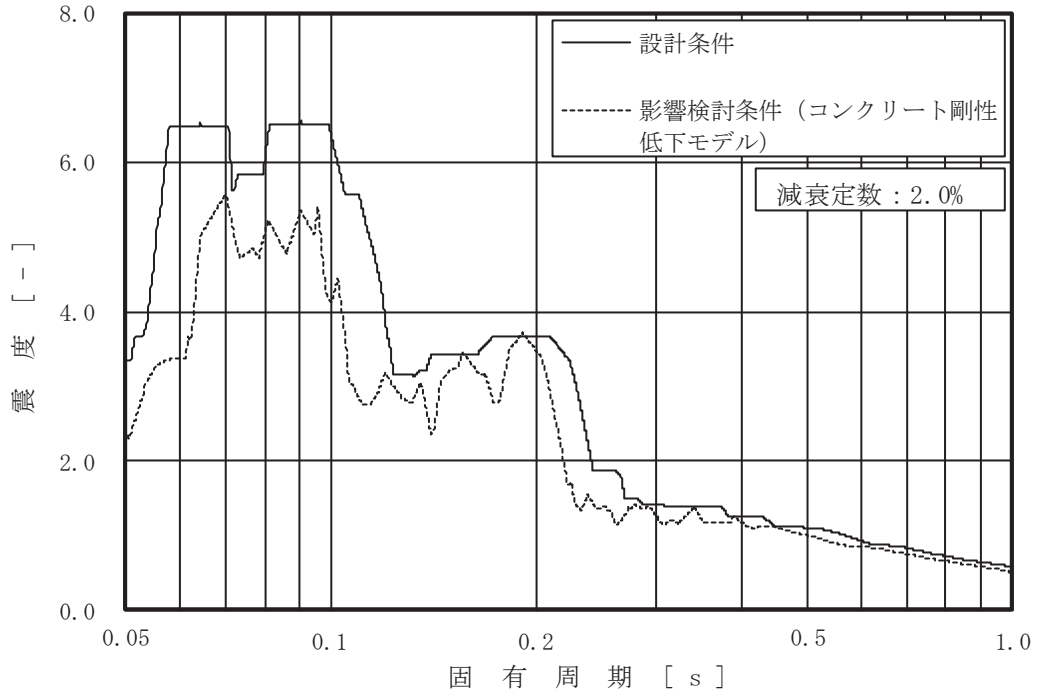


図 4-1 床応答曲線の比較 (47/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P.10.50m , 鉛直)

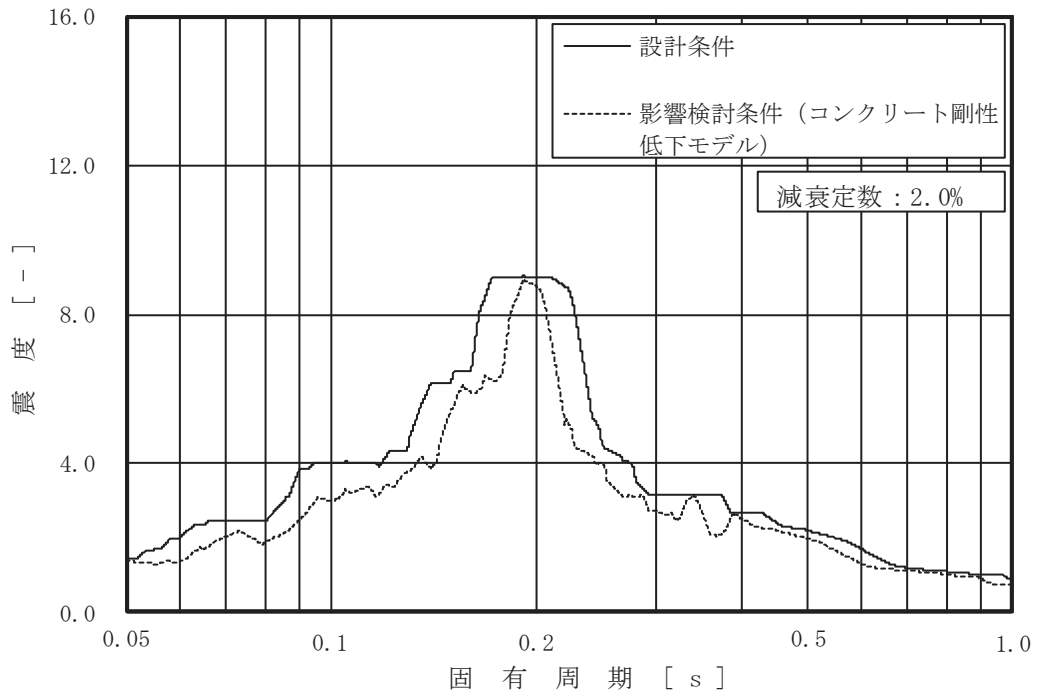


図 4-1 床応答曲線の比較 (48/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P. 9.50m , 水平 (NS/EW 包絡))

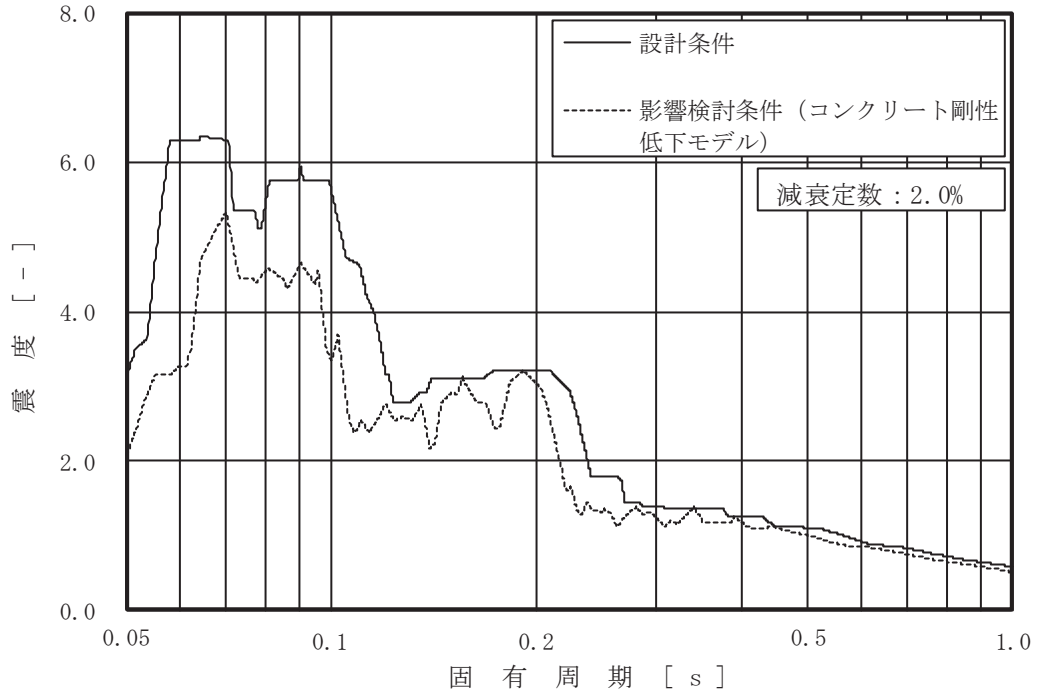


図 4-1 床応答曲線の比較 (49/63)

(基準地震動  $S_s$  , 軽油タンク連絡ダクト 0.P. 9.50m , 鉛直)

(7) 排気筒基礎

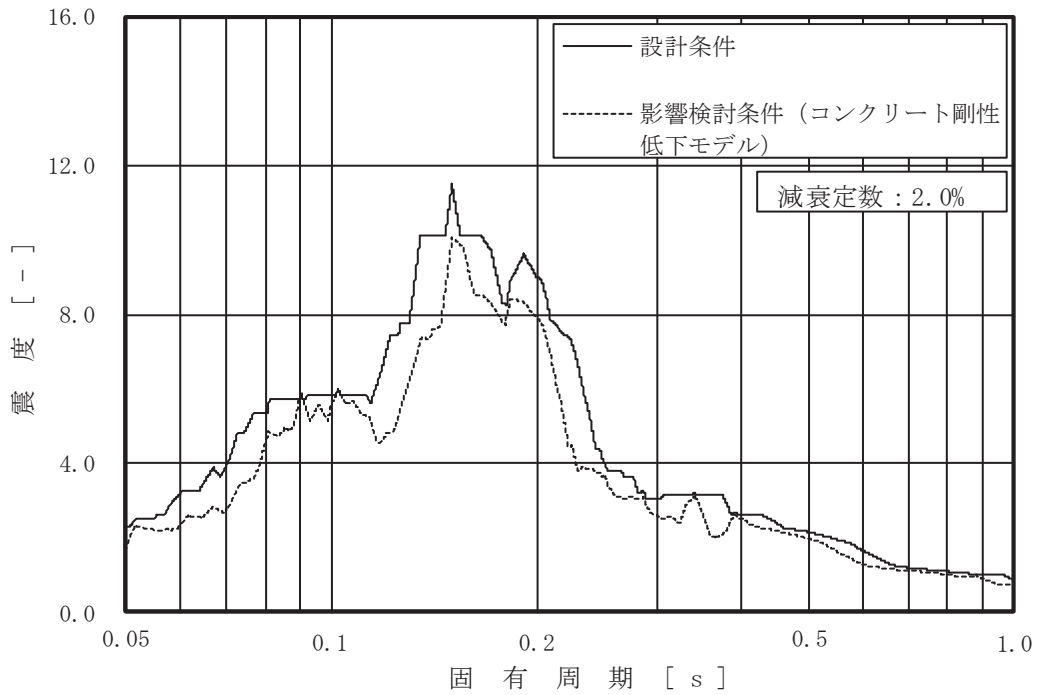


図 4-1 床応答曲線の比較 (50/63)

(基準地震動 S s , 排気筒基礎 0.P.14.80m , 水平 (NS/EW 包絡))

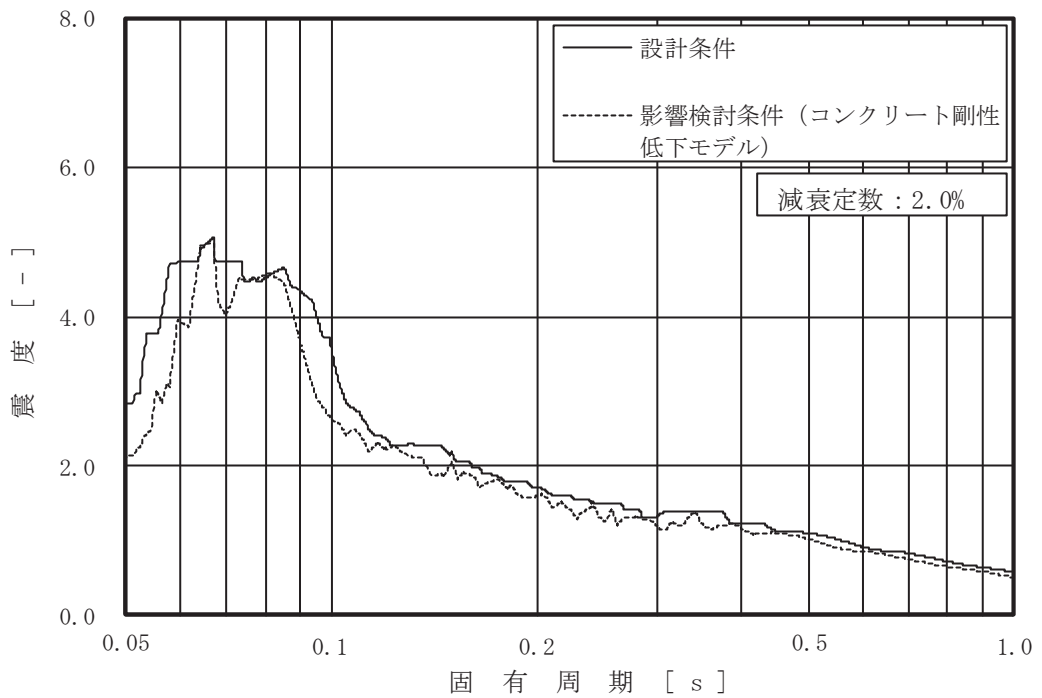


図 4-1 床応答曲線の比較 (51/63)

(基準地震動 S s , 排気筒基礎 0.P.14.80m , 鉛直)

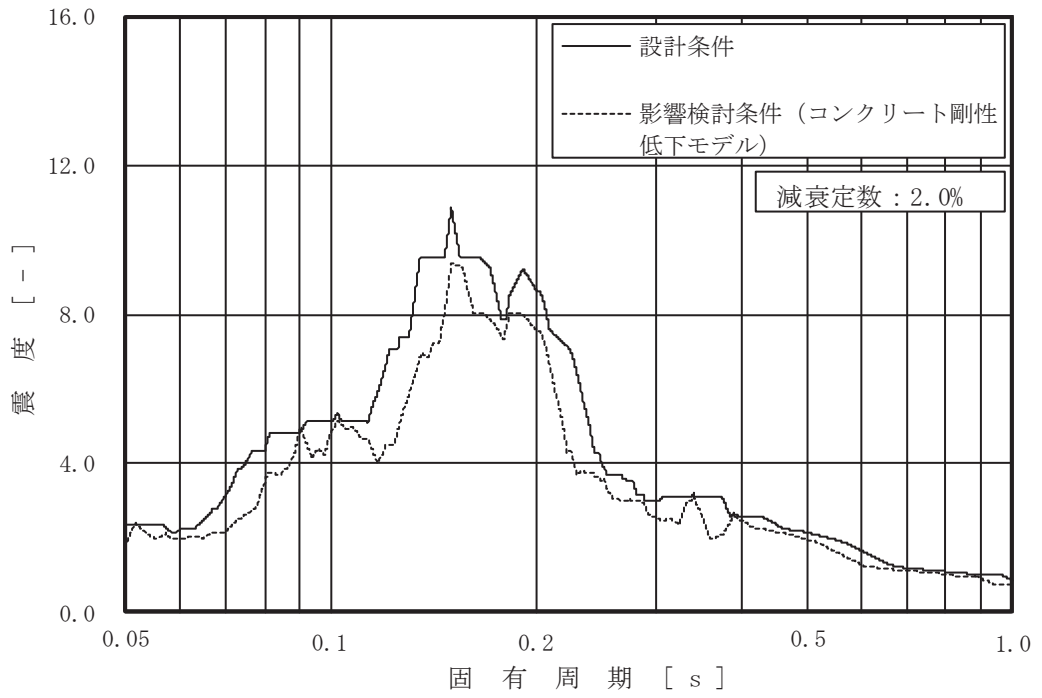


図 4-1 床応答曲線の比較 (52/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒基礎 0.P.10.41m , 水平 (NS/EW 包絡))

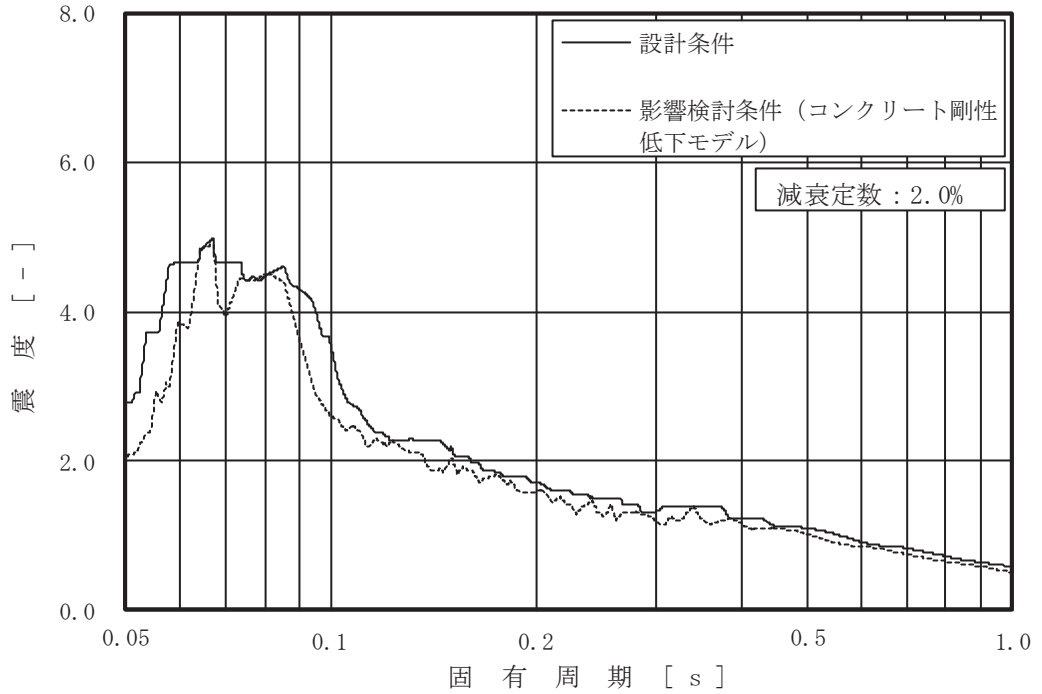


図 4-1 床応答曲線の比較 (53/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒基礎 0.P.10.41m , 鉛直)

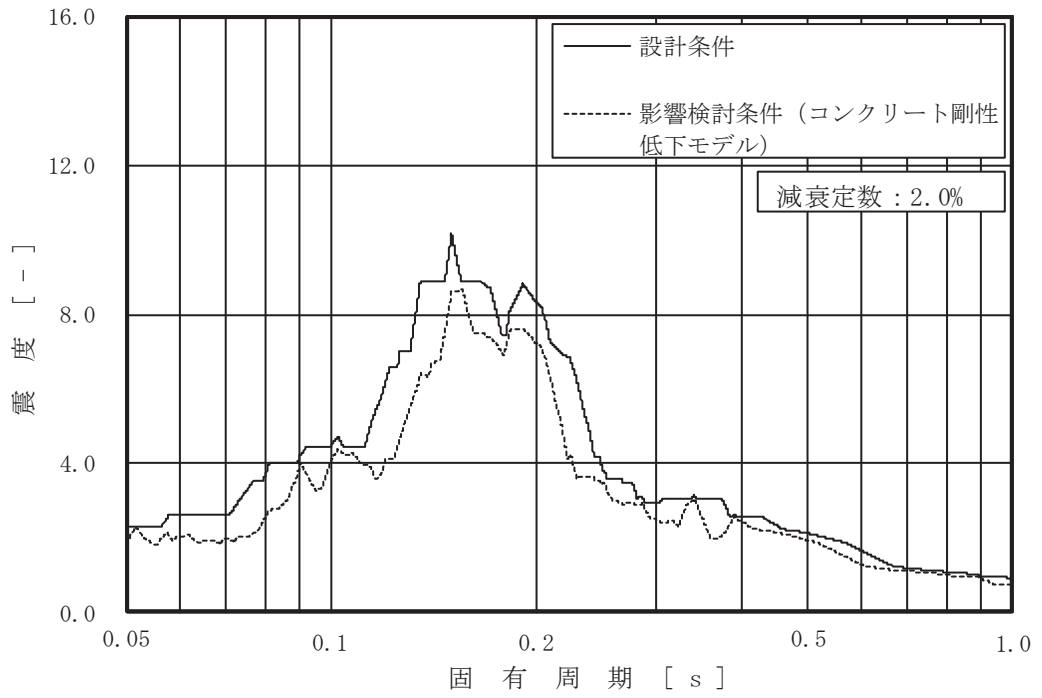


図 4-1 床応答曲線の比較 (54/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒基礎 0.P.6.60m , 水平 (NS/EW 包絡))

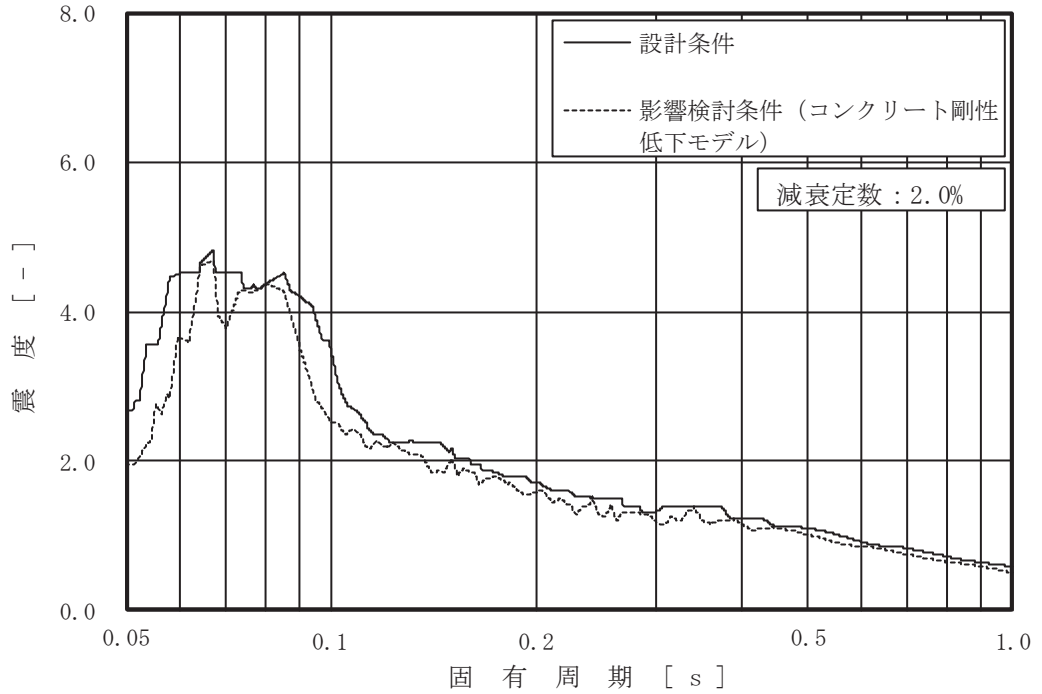


図 4-1 床応答曲線の比較 (55/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒基礎 0.P.6.60m , 鉛直)

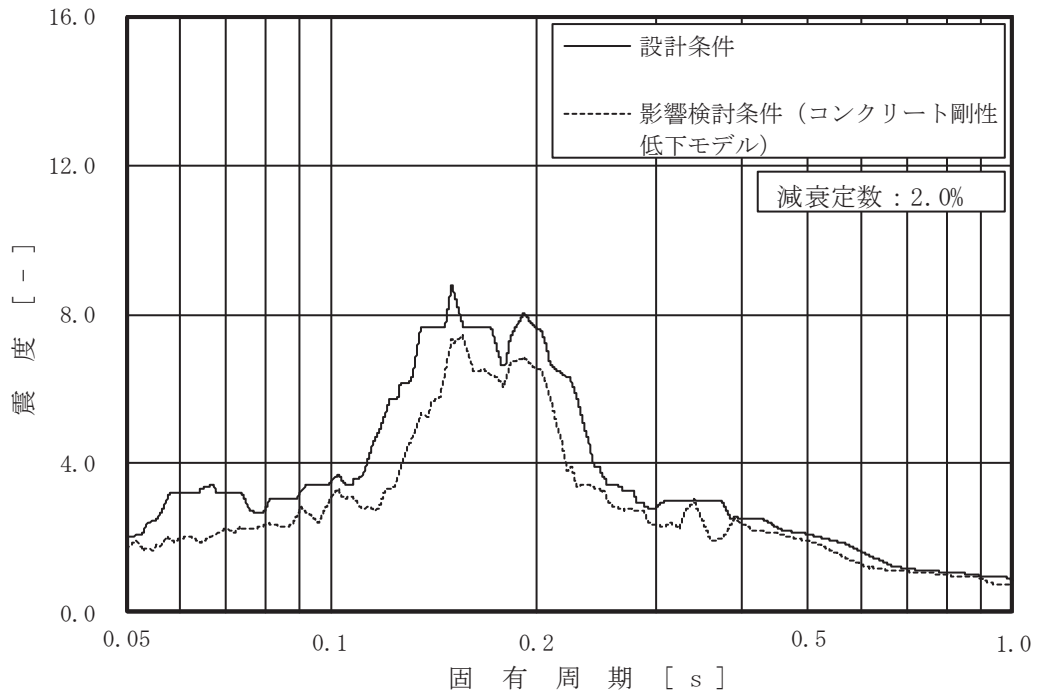


図 4-1 床応答曲線の比較 (56/63)

(基準地震動 S s , 排気筒基礎 0.P.1.00m , 水平 (NS/EW 包絡))

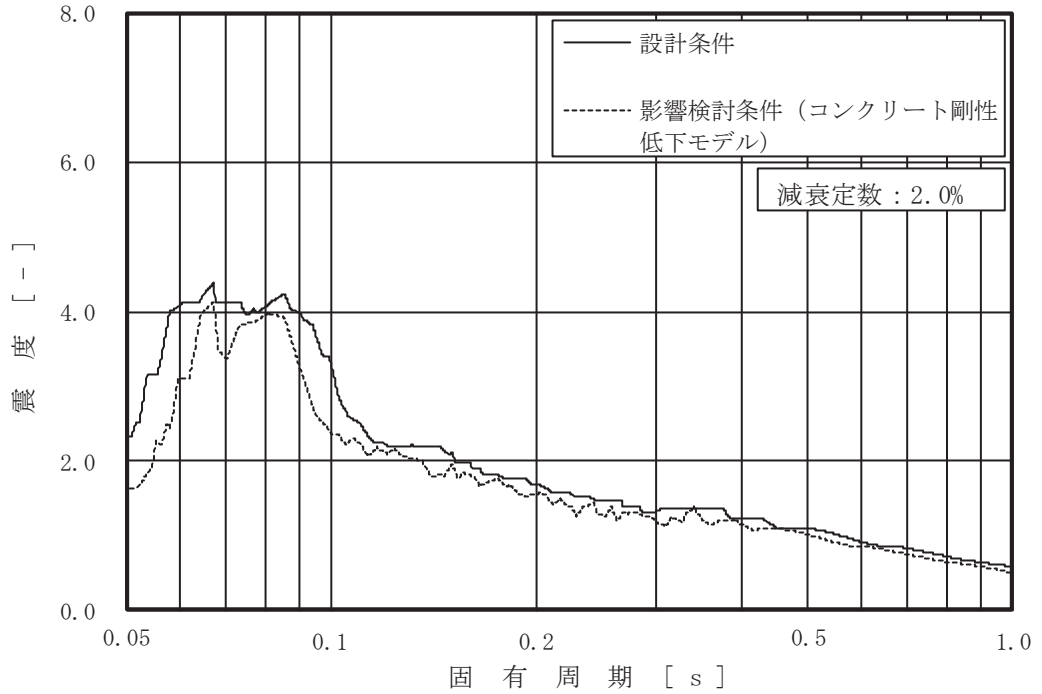


図 4-1 床応答曲線の比較 (57/63)

(基準地震動 S s , 排気筒基礎 0.P.1.00m , 鉛直)



(8) 排気筒連絡ダクト

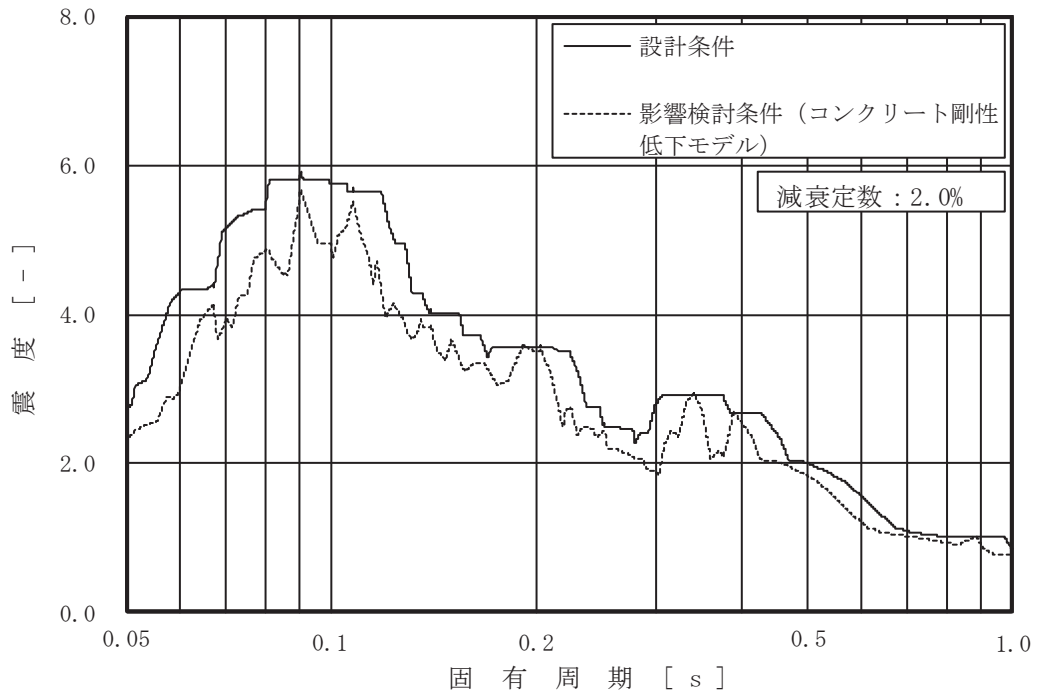


図 4-1 床応答曲線の比較 (58/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 上床板 , 水平 (NS/EW 包絡))

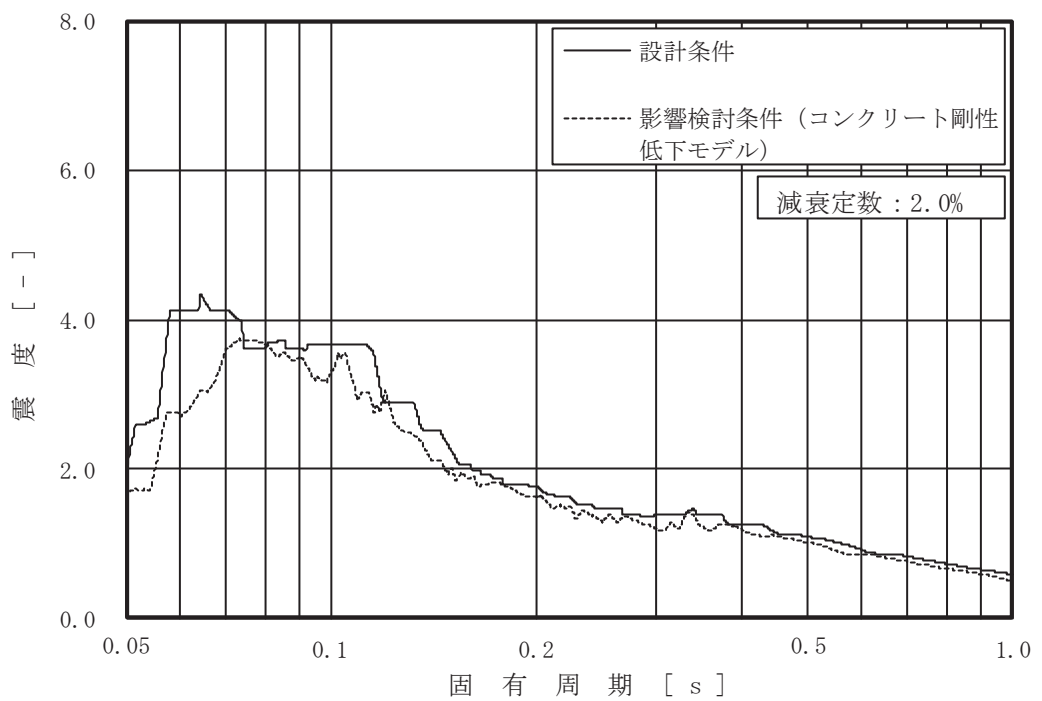


図 4-1 床応答曲線の比較 (59/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 上床板 , 鉛直)

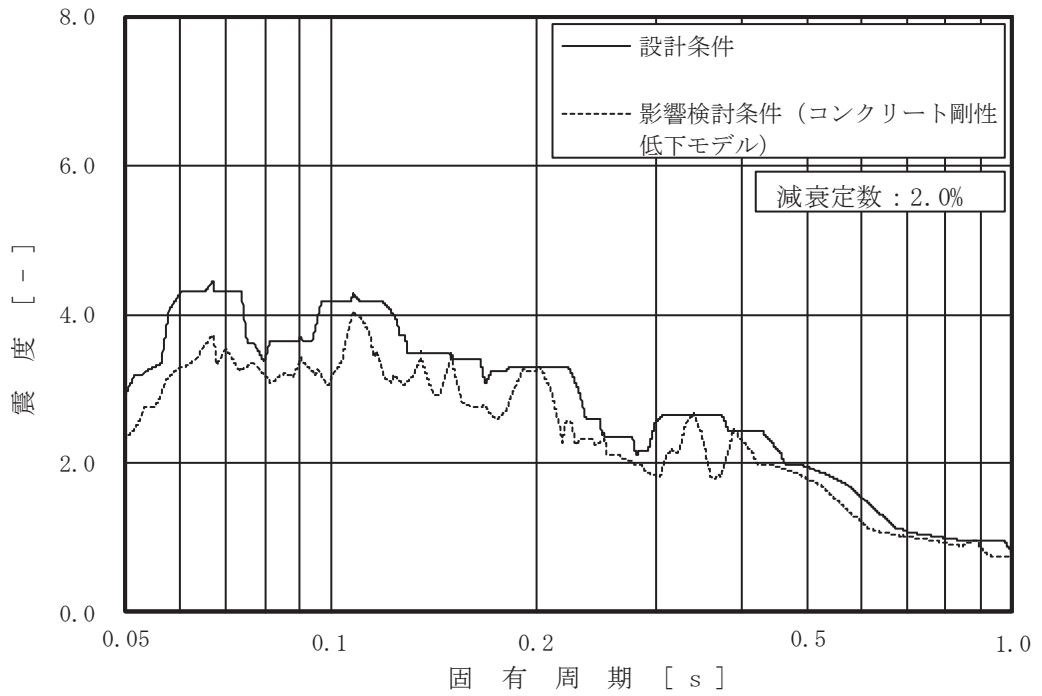


図 4-1 床応答曲線の比較 (60/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 中間点 , 水平 (NS/EW 包絡))

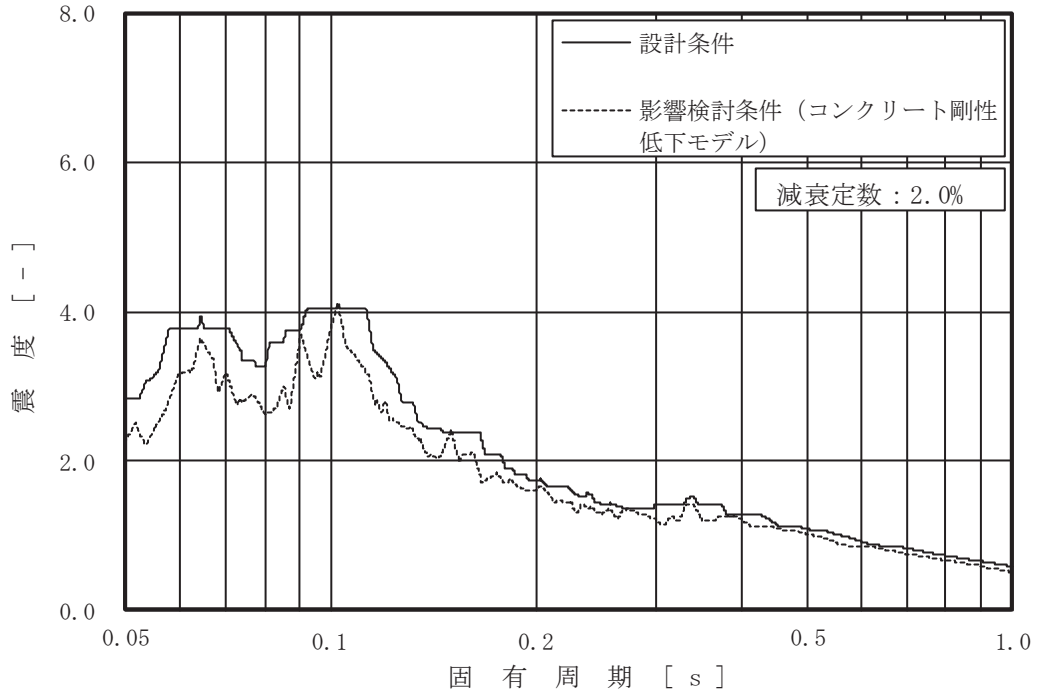


図 4-1 床応答曲線の比較 (61/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 中間点 , 鉛直)

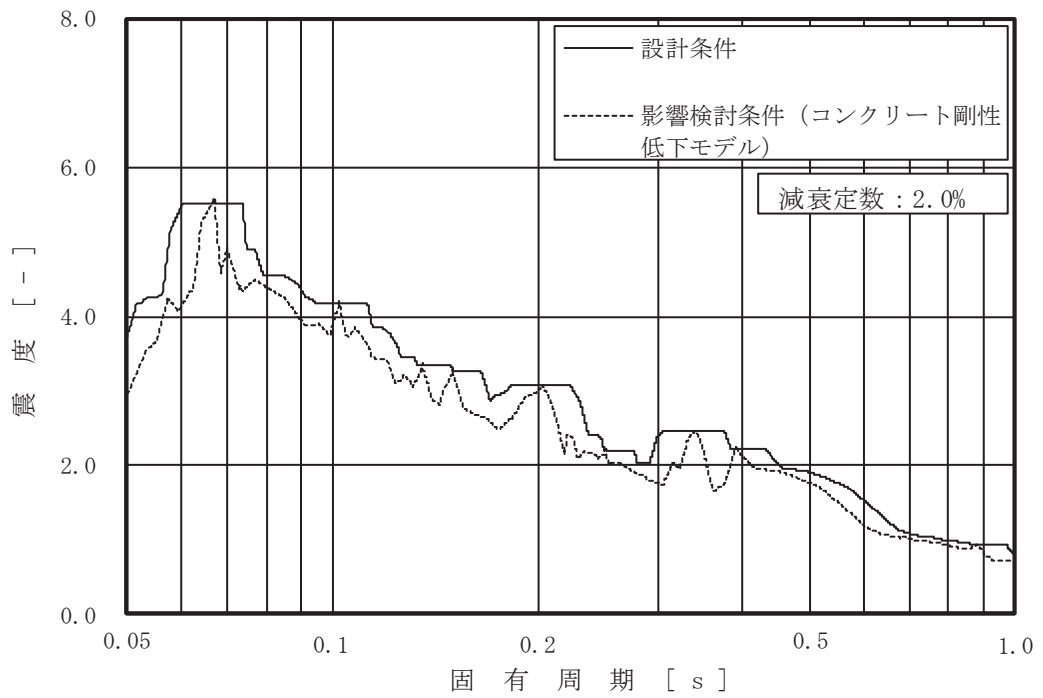


図 4-1 床応答曲線の比較 (62/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 底板 , 水平 (NS/EW 包絡))

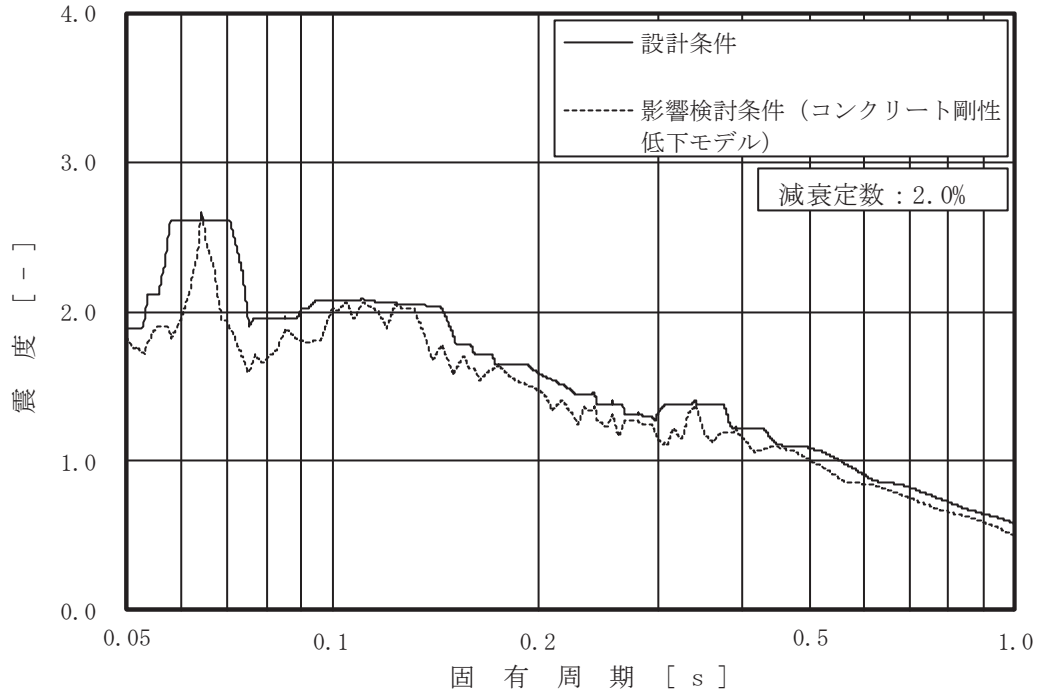


図 4-1 床応答曲線の比較 (63/63)

(基準地震動  $S_s$  , 排気筒連絡ダクト 底板 , 鉛直)

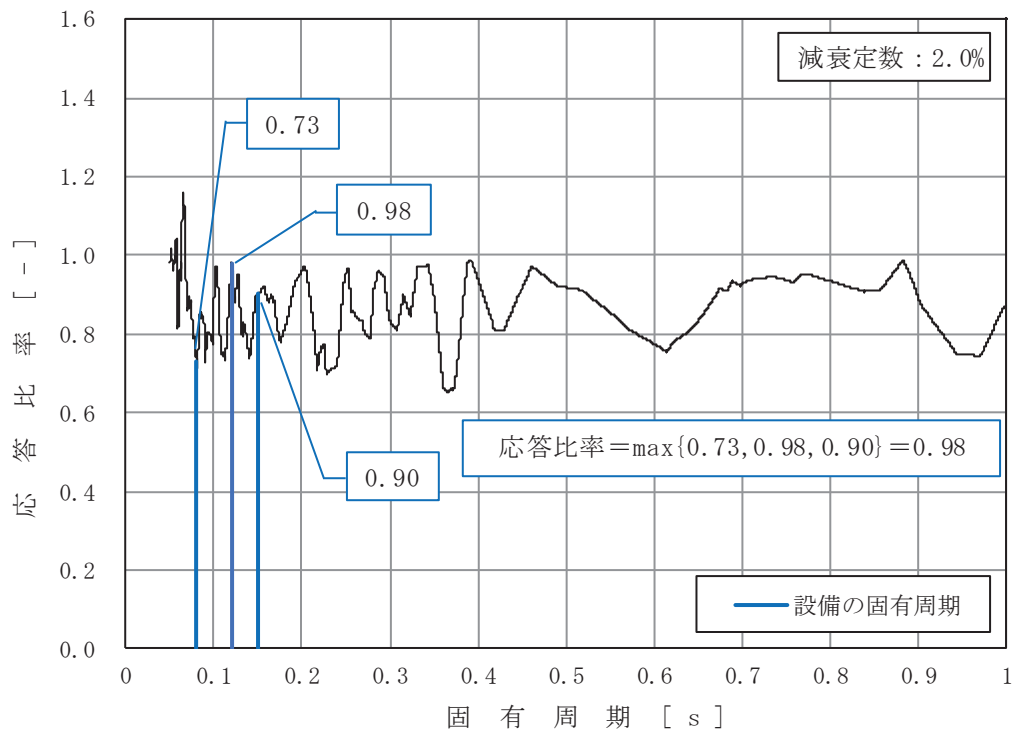


図 4-2 床応答曲線における応答比率の算定例  
 (基準地震動 S s , 海水ポンプ室 O.P. -9.800m , 水平 (NS/EW 包絡),  
 固有周期 : 0.08s, 0.12s, 0.15s)

#### 4.2 相対変位の影響

2. 項「検討方針」に示すように屋外重要土木構造物等にコンクリートの初期剛性低下（影響検討条件）を考慮した場合の機器・配管系への影響検討は、床応答曲線及び最大応答加速度を用いて行うこととしているが、機器・配管系の耐震性評価においては、各屋外重要土木構造物等の相対変位も考慮する必要があるため、その影響について検討した。

屋外重要土木構造物等のうち箱型構造物として海水ポンプ室、線状構造物として軽油タンク連絡ダクトを代表として、設備設計に用いている各方向、各標高の設計条件と影響検討条件の相対変位\*1の比較を表 4-10～11 に示す。

影響検討条件の相対変位を設計条件の相対変位と比較すると、方向によっては設計条件を上回る場合があるが、相対変位の差異は 1mm 未満であることから影響は軽微である。

したがって、屋外重要土木構造物等にコンクリートの初期剛性低下（影響検討条件）を考慮した場合の機器・配管系への影響検討は床応答曲線及び最大応答加速度を用いて実施する。

なお、5. 項に示す詳細評価を実施した配管系においては、影響検討条件の相対変位についても反映した評価\*2を実施し、発生値が許容値以下になることを確認した（結果は 5. 項 表 5-2 にて後述）。

注記\*1：



\*2：影響検討条件の相対変位が設計条件の相対変位を下回った場合については、当該方向の設計条件の相対変位を適用。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(1) 海水ポンプ室－原子炉建屋間\*

表 4-10(1) 相対変位の比較（水平方向（NS））

標高 O. P. (m)		相対変位 (mm)		差異 (②-①)
海水ポンプ室	原子炉建屋	①設計条件	②影響検討条件	
				-0.2
				-0.2
				-0.1

表 4-10(2) 相対変位の比較（水平方向（EW））

標高 O. P. (m)		相対変位 (mm)		差異 (②-①)
海水ポンプ室	原子炉建屋	①設計条件	②影響検討条件	
				-2.9
				-2.3
				-1.4

表 4-10(3) 相対変位の比較（鉛直）

標高 O. P. (m)		相対変位 (mm)		差 (②-①)
海水ポンプ室	原子炉建屋	①設計条件	②影響検討条件	
				0.2
				0.2
				0.1

注記\*：詳細評価対象となる配管系の敷設ルートは、海水ポンプ室（原子炉機器冷却配管ダクト（鉛直部）含む）－原子炉機器冷却配管ダクト（水平部）－原子炉建屋であるが、原子炉機器冷却配管ダクト（水平部）には配管支持構造物を設置していないため、海水ポンプ室－原子炉建屋間の相対変位を考慮する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 軽油タンク連絡ダクトー原子炉建屋間

表 4-11(1) 相対変位の比較 (水平方向 (NS, EW 方向包絡))

標高 O. P. (m)		相対変位 (mm)		差 (②-①)
軽油タンク連絡 ダクト	原子炉建屋	①設計条件	②影響検討条件	
				0.9
				0.9

表 4-11(2) 相対変位の比較 (鉛直方向)

標高 O. P. (m)		相対変位 (mm)		差 (②-①)
軽油タンク連絡 ダクト	原子炉建屋	①設計条件	②影響検討条件	
				-0.1
				-0.1

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 検討結果

「2. 検討方針」に示す影響検討フローに従った検討を行い、簡易評価の結果、一部の設備（4設備）を除き、応答比率が設備の裕度以下となることを確認した。

また、簡易評価において応答比率が設備の裕度を上回った4設備に対して、影響検討条件を用いた詳細評価を行い、発生値が許容値以下になることを確認した。

応答比率が設備の裕度を上回った4設備の簡易評価結果を表5-1に、詳細評価結果を表5-2に示す。

表 5-1 応答比率が設備の裕度を上回った4設備の簡易評価結果  
(コンクリート初期剛性低下を考慮した解析ケースの影響検討)

設備名称	評価部位	応力分類	今回工認の耐震評価 (基準地震動 S s)			応答比率	検討結果
			発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	裕度		
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-002)	配管本体	一次+二次 応力	457	482	1.05	1.25	×
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-012)	配管本体	一次+二次 応力	376	482	1.28	1.35	×
燃料移送系配管 (DGD0-B008)	配管本体	一次+二次 応力	439	398	0.90	1.06	×
		疲労*	0.4004	1	-		
海水ポンプ室門型クレーン	クレーン 本体ガード	曲げ応力	263	280	1.06	1.42	×

注記\*：単位は無次元



表 5-2 応答比率が設備の裕度を上回った 4 設備の詳細評価結果

(コンクリート初期剛性低下を考慮した解析ケースの影響検討)

対象設備	評価部位	応力分類	影響検討条件を用いた詳細評価 (基準地震動 S s)				検討結果
			最大応答 加速度 (1.2ZPA)	床応答曲線	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-002)	配管本体	一次+二次応力	水平 : 1.75 鉛直 : 1.30	海水ポンプ室 O.P. -0.550, -7.025 m 原子炉建屋 O.P. -0.8, -8.1 m (2%減衰)	402	482	○
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-012)	配管本体	一次+二次応力	水平 : 2.60 鉛直 : 1.85	海水ポンプ室 O.P. 7.250, 2.250, -0.550, -7.025 m 原子炉建屋 O.P. -0.8, -8.1 m (2%減衰)	371	482	○
燃料移送系配管 (DGD0-B008)	配管本体	一次+二次応力	水平 : 1.97 鉛直 : 1.37	軽油タンク連絡ダクト O.P. 12.1, 10.5, 9.5 m 原子炉建屋 O.P. 15.0, 6.0 m (2%減衰)	439	398	○
		疲労*			0.3990	1.000	
海水ポンプ室門型クレーン	クレーン本体 ガーダ	曲げ	時刻歴応答解析による評価		246	280	○
(配管系に対し影響検討条件の相対変位を適用した場合の評価結果)							
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-002)	配管本体	一次+二次応力	上記と同じ		402	482	○
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-012)	配管本体	一次+二次応力			378	482	○
燃料移送系配管 (DGD0-B008)	配管本体	一次+二次応力			458	398	○
		疲労*	0.3997	1.000			

注記\* : 単位は無次元

## 6. まとめ

屋外重要土木構造物等に対してコンクリートの初期剛性低下を考慮した場合の機器・配管系への影響評価について、簡易評価の結果、一部の設備（4設備）を除き、**応答比率が設備の裕度以下となる**ことを確認した。

また、**応答比率が設備の裕度を上**回った4設備について影響検討条件による**詳細評価**を行い、**発生値**が許容値以下となることを確認した。

以上より、屋外重要土木構造物等に対してコンクリートの初期剛性低下を考慮した場合でも機器・配管系の耐震**性**に影響はない**ことを確認した。**