

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点や防護上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15
提出年月日	2021年9月10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構造物の減衰定数
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

<p>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】</p>	<p>該当添付書類</p>
<p>1. 対象設備</p>	<p>共通事項</p>
<p>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</p>	
<p>2.1 支持機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.2 通水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.3 貯水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.4 止水機能</p>	<p>共通事項</p>
<p>2.5 屋外重要土木構造物等の耐震安全性に関する整理</p>	<p>共通事項</p>
<p>3. 安全係数</p>	<p>共通事項</p>
<p>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</p>	
<p>4.1 断面選定の方針</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.3 解析手法選定の方針</p>	<p>共通事項</p>
<p>4.4 軽油タンク連絡ダクト</p>	<p>VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書</p>
<p>4.5 排気筒連絡ダクト</p>	<p>VI-2-2-27 排気筒連絡ダクトの地震応答計算書</p>
<p>4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト</p>	<p>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</p>
<p>4.7 取水路(漸拡部)</p>	<p>VI-2-10-4-4-1 取水路(漸拡部)の耐震性についての計算書</p>

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
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構造物の減衰定数		
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	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	2
2.1 支持機能	2
2.2 通水機能	3
2.3 貯水機能	3
2.4 止水機能	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	5
3. 安全係数	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	13
4.1 断面選定の方針	13
4.2 各施設の構造上の特徴と断面選定の方針の整理	16
4.3 解析手法選定の方針	18
4.4 軽油タンク連絡ダクト	22
4.5 排気筒連絡ダクト	30
4.6 原子炉機器冷却海水配管ダクト	46
4.7 取水路（漸拡部）	57
4.8 軽油タンク室	71
4.9 軽油タンク室（H）	79
4.10 海水ポンプ室	86
4.11 取水口，貯留堰	97
4.12 取水路（標準部）	106
4.13 復水貯蔵タンク基礎	124
4.14 ガスタービン発電設備軽油タンク室	131
4.15 第3号機海水ポンプ室	138
5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法	148
5.1 耐震安全性評価における解析ケース	148
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	155
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	160
6. 許容限界	163
6.1 許容応力度法による耐震安全性評価	163
6.2 限界状態設計法による照査	165
6.3 土木学会マニュアル2005の適用性	175
7. ジョイント要素のばね設定	183
7.1 せん断強度の設定	184
7.2 ばね定数の設定	187
8. 隣接構造物のモデル化方針	189
9. 地震応答解析における構造物の減衰定数	191

9.1	時刻歴応答解析（全応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	191
9.2	時刻歴応答解析（有効応力解析）で設定する Rayleigh 減衰	197
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	198
10.1	評価方針	198
11.	等価剛性モデルの設定方針	202
11.1	等価剛性モデルを設定する構造物	202
11.2	等価剛性モデルの設定手順	203
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	214
12.1	地下水位の設定	214
12.2	内水位の設定	214



: 本日の説明範囲

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 追加解析ケースの詳細に選定方法の詳細について
- 参考資料 11 女川原子力発電所における地盤の振動特性について
- 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について
- 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 浮上り評価について

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

5. 地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法

屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価においては、地盤物性及び材料物性のばらつきを適切に考慮する必要がある。本章では、「4.3 解析手法選定の方針」に基づき選定された解析手法（基本ケース）における地盤物性及び材料物性のばらつきの考慮方法について記載する。なお、液状化強度特性については下限値を設定しており、最も液状化の影響が大きい物性を採用していることから、液状化強度特性のばらつきは考慮しない。

5.1 耐震安全性評価における解析ケース

(1) 地盤物性のばらつきを考慮する地盤（パターン1, 2）

屋外重要土木構造物等の地震時の応答は、構造物と周辺地盤の相互作用によることから、地盤物性のばらつきの影響を評価するに当たっては、解析モデルに分布する地盤のうち、主に構造物の応答に支配的となる地盤を選定することとし、構造物周辺の地盤状況に応じて、以下に示す2パターンとする。各パターンの参考例を図5.1-1及び図5.1-2に示す。

- ・パターン1：評価対象構造物周辺に主として旧表土、盛土、**D**級岩盤、セメント改良土及び改良地盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布し、これらの地盤が地震時に構造物への応答に大きく影響を与えると判断される場合は、これらの物性のばらつきについて影響を確認する。

（例：開削工法により構築し、上記地盤によって埋め戻された線状構造物又は箱形構造物）

- ・パターン2：評価対象構造物周辺に主として、**C_L**級岩盤、**C_M**級岩盤、**C_H**級岩盤及び**B**級岩盤が分布し、これらの地盤が地震時に構造物への応答に大きく影響を与えると判断される場合は、これらの物性のばらつきについて影響を確認する。

（例：トンネル工法により構築された岩盤トンネル）

(2) 選定された解析手法と基本ケース（ケース①，ケース⑥）

「4.3 解析手法選定の方針」に基づき周辺地盤の液状化や浮上りの影響を考慮し、基本ケースとする解析手法は、a)全応力解析の場合、b)有効応力解析の場合、c)全応力解析及び有効応力解析の場合に分けられる。

表 5.1-1 耐震安全性評価における基本ケース

解析手法の選定フロー	基本ケース	ばらつきを考慮した解析ケース
①全応力解析	ケース①	表 5.1-2(1), (2)
②全応力解析	ケース①	表 5.1-2(1), (2)
③有効応力解析	ケース⑥	表 5.1-3
④全応力解析	ケース①	表 5.1-2(1), (2)
⑤全応力解析及び有効応力解析	ケース①及びケース⑥	表 5.1-4

(3) 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース（ケース②-③及びケース⑦-⑧）

屋外重要土木構造物等は、主に地中に埋設された鉄筋コンクリート構造物であり、構造物の耐震性に支配的な損傷モードは地盤のせん断変形を伴う構造部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊となる。そのため、ばらつきを考慮する物性値は地盤のせん断変形を定義するせん断弾性係数とし、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差(σ)のケースについて確認を行う。

具体的な解析ケースについて、全応力解析を基本ケース（ケース①）とする場合を表 5.1-2、有効応力解析を基本ケース（ケース⑥）とする場合を表 5.1-3、全応力解析及び有効応力解析を基本ケース（ケース①及びケース⑥）とする場合を表 5.1-4 にそれぞれ示す。

ばらつきの設定方法の詳細は、「補足-600-1 地盤の支持性能について」に示す。

(4) 材料物性のばらつきを考慮した解析ケース（ケース④, ⑤）

材料物性のばらつきについては、剛性を定義するコンクリートのヤング係数が、コンクリートの設計基準強度に対応して定まることを踏まえ、コンクリートの設計基準強度を基本ケースとし、ヤング係数をコンクリートの実強度に対応して定めたケースについて確認を行う（表 5.1-2～表 5.1-4 に示すケース④又はケース⑨）。

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。したがって、屋外重要土木構造物等のコンクリートは設計基準強度に対応する剛性を基本とし、ばらつきの考慮としては、土圧が大きく評価されるようコンクリートの実強度に対応する剛性について確認を行う。なお、屋外重要土木構造物等は、屋外かつ湿潤した地盤に接して地中に埋設されていることから、建物と異なり乾燥する環境にはなく、点検においても温度応力に伴う外的拘束によるひび割れはあるものの、乾燥収縮による有害なひび割れは確認されておらず、コンクリートの剛性低下は顕在化していない。

一方、機器・配管系の耐震評価においては、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ケースについて影響を確認する（表 5.1-2～表 5.1-4 に示すケース⑤）。

新設の構造物については許容応力度法による設計を行うなど、裕度を確保した設計とすることから、材料物性のばらつきを考慮した構造解析は実施しないが、機器・配管系の耐震評価においては、文献*を参照し、JASS 5N の方法により推定される圧縮強度又は日本原子力学会標準の方法

により推定される圧縮強度（設計基準強度の 1.4 倍）を比較し、保守的な配慮として圧縮強度が大きい方の値を採用し、対応するヤング係数を用いて地震応答解析を行い評価する。

JASS 5N の方法により推定される調合強度は、算定式の違い（以下に示す「式 1- (1)」及び「式 1- (2)」）から 2 つの値が得られるが、圧縮強度の推定値は大きい方の値とする。

$$F \geq F_m + 1.73 \sigma \quad \text{式 1- (1)}$$

$$F \geq 0.85 F_m + 3 \sigma \quad \text{式 1- (2)}$$

ここに F : コンクリートの調合強度 (N/mm^2)

F_m : コンクリートの調合管理強度 (N/mm^2)

σ : 構造体コンクリートの強度管理用供試体の圧縮強度の標準偏差 (N/mm^2)

注記* : 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所における鉄筋コンクリート工事（日本建築学会，2013）（以下「JASS 5N」という。）又は日本原子力学会標準 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準（日本原子力学会，2015）（以下「日本原子力学会標準」という。）より推定した圧縮強度（詳細は、「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」に示す。）

表 5.1-2(1) 全応力解析を基本ケースとする解析ケース (パターン 1)

(パターン 1: 構造物周辺に旧表土, 盛土, **D**級岩盤等が分布する場合)

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
			旧表土, 盛土, D 級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	全応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース④	全応力解析	実強度に基づく 圧縮強度*1	平均値	平均値
ケース⑤*2	全応力解析	初期剛性低下考慮	平均値	平均値

注記*1: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。なお, 新設構造物については, 文献を参照し推定した圧縮強度とする。

*2: 機器・配管系の耐震安全性評価で影響を確認する。

表 5.1-2(2) 全応力解析を基本ケースとする解析ケース (パターン 2)

(パターン 2: 構造物周辺に **C_L**級岩盤~**B**級岩盤が分布する場合)

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
			旧表土, 盛土, D 級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値 - 1 σ
ケース④	全応力解析	実強度に基づく 圧縮強度*1	平均値	平均値
ケース⑤*2	全応力解析	初期剛性低下考慮	平均値	平均値

注記*1: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

*2: 機器・配管系の耐震安全性評価で影響を確認する。

表 5.1-3 有効応力解析を基本ケースとする解析ケース（パターン1）

（パターン1：構造物周辺に旧表土，盛土，**D**級岩盤等が分布する場合）

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
			旧表土，盛土， D 級岩盤， セメント改良土，改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤， C_M 級岩盤， C_H 級岩盤， B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース⑥ (基本ケース)	有効応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース⑦	有効応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース⑧	有効応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース⑨	有効応力解析	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記*：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。なお，新設構造物については，文献を参照し推定した圧縮強度とする。

表 5.1-4 全応力解析及び有効応力解析を基本ケースとする解析ケース（パターン1）

（パターン1：構造物周辺に旧表土，盛土，**D**級岩盤等が分布する場合）

解析ケース	解析手法	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
			旧表土，盛土， D 級岩盤， セメント改良土，改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤， C_M 級岩盤， C_H 級岩盤， B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	全応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース④* ²	全応力解析	実強度に基づく 圧縮強度* ¹	平均値	平均値
ケース⑤* ³	全応力解析	初期剛性低下考慮	平均値	平均値
ケース⑥ (基本ケース)	有効応力解析	設計基準強度	平均値	平均値
ケース⑦	有効応力解析	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース⑧	有効応力解析	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値
ケース⑨* ²	有効応力解析	実強度に基づく 圧縮強度* ¹	平均値	平均値

注記*1：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。なお，新設構造物については，文献を参照し推定した圧縮強度とする。

*2：基本ケース（ケース①及び⑥）を実施し，曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査における照査値の最大値を比較し，最大照査値を示す解析手法において，実強度を考慮した解析ケース（ケース⑤又はケース⑨）を実施する。

*3：機器・配管系の耐震安全性評価で影響を確認する。

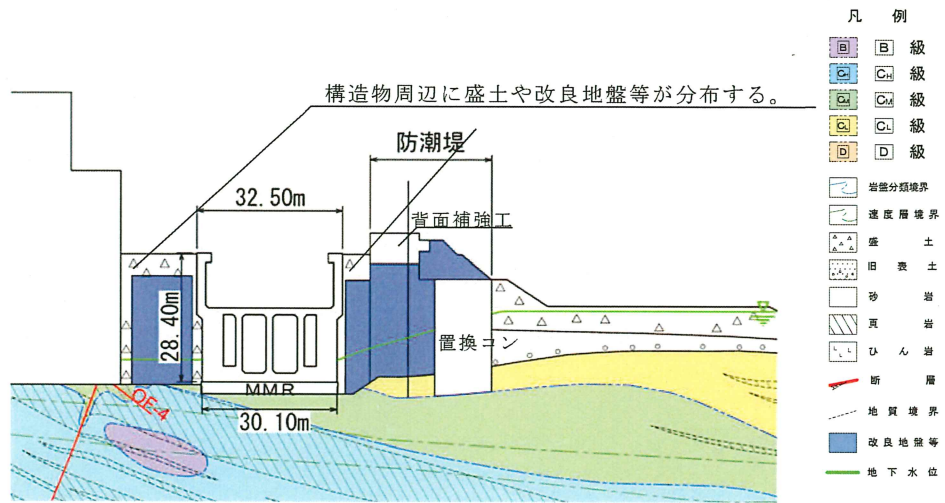


図 5.1-1 (参考例) パターン 1: 海水ポンプ室の例

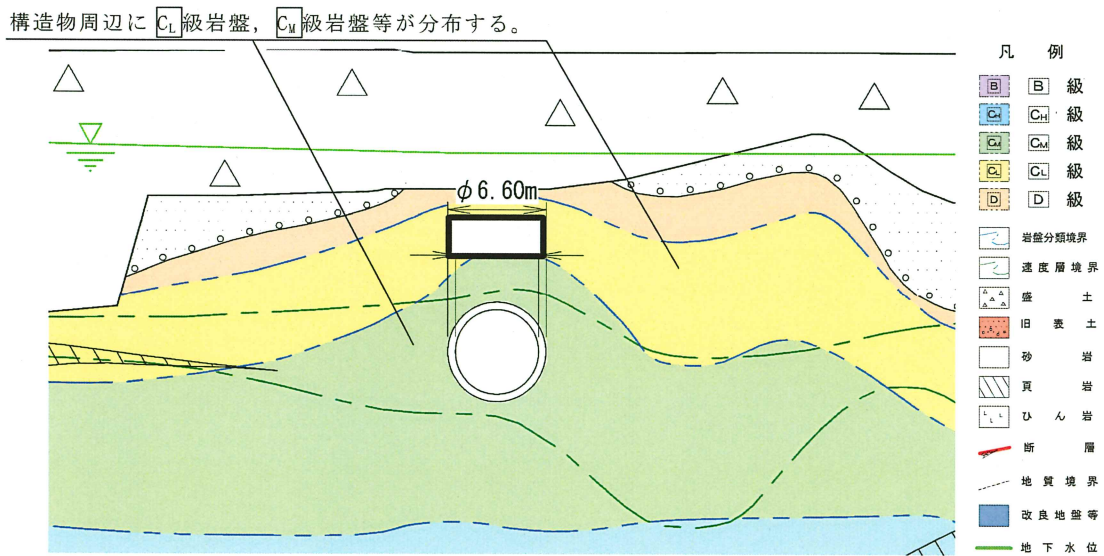


図 5.1-2 (参考例) パターン 2: 排気筒連絡ダクト (岩盤部) の例

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

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について

屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価においては、基準地震動 S_s (7 波) 及びこれらに水平動の位相反転を考慮した地震動 (14 波) に対し、解析手法の選定結果に基づく基本ケースを実施する。具体的には、全応力解析の場合はケース①、有効応力解析の場合はケース⑥、全応力解析及び有効応力解析の場合はケース①及びケース⑥を実施する。鉛直動の位相反転について、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価において位相反転が地盤の安定性に与える影響を考慮するために、スペクトル適合波については、鉛直動の位相反転を反転したケースを実施する。また、構造物が地上に突出している防潮堤及び防潮壁の耐震安全性評価についても、基礎地盤及び周辺斜面と同様に鉛直動の位相を反転したケースを実施する。屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価については、地中に埋没された RC 構造物は「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」に示すように、鉛直地震動は耐震性に顕著な影響を及ぼさないものと判断されることから、鉛直地震動については、位相の反転を考慮しない。

上記のケース①及びケース⑥において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動*を用いて、図 5.2-1 に示すケース②～④又はケース⑦及び⑧を実施する。

耐震安全性評価に対する解析ケースの組合せを図 5.2-1 及び表 5.2-1～3 に示す。

注記*：各要求機能（支持機能、通水機能、貯水機能、止水機能）により許容限界は異なるが、各照査項目に対して、許容限界に対する余裕が最も小さくなる地震動を選定する。

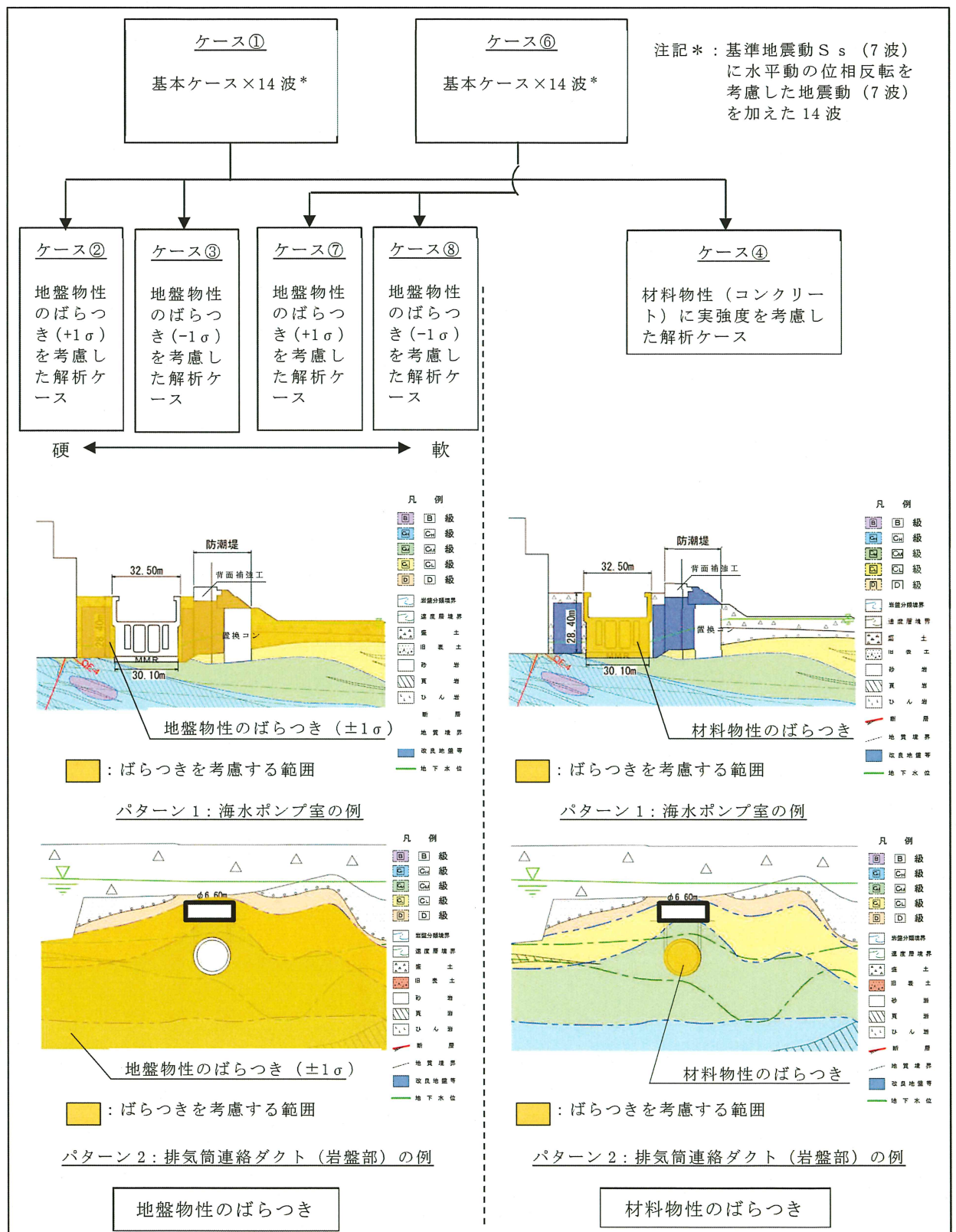


図 5.2-1 屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価における解析ケース

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 5.2-1 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（全応力解析）

解析ケース		全応力解析			
		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
基本ケース			地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動（位相）	S _s -D1	++*1	○	<p>【追加解析ケースについて】</p> <p>基準地震動 S_s（7波）に水平動の位相反転を考慮した地震動（7波）を加えた全 14 波に対し、全応力解析による基本ケース①を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②～④を実施する。</p> <p>すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。</p> <p>また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。</p>	
		-+*1	○		
	S _s -D2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -D3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -N1	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

表 5.2-2 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（有効応力解析）

解析ケース		有効応力解析			
		ケース⑥	ケース⑦	ケース⑧	ケース⑨
地盤物性		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	材料物性(コンクリート)に実強度を考慮した解析ケース
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動(位相)	S _s -D1	++*1	○	【追加解析ケースについて】 基準地震動 S _s (7波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7波) を加えた全 14 波に対し、有効応力解析を実施し、照査を行ったケース⑥の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい(許容限界に対する裕度が最も小さい)地震動を用いてケース⑦～⑨を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース⑦～⑨を実施する。 また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。	
		-+*1	○		
	S _s -D2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -D3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F1	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F2	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -F3	++*1	○		
		-+*1	○		
	S _s -N1	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

表 5.2-3 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（全応力解析及び有効応力解析）

解析ケース	全応力解析					有効応力解析			
	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑥	ケース⑦	ケース⑧		
	基本ケース	地盤物性のばらつき(+1σ)を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース	材料物性(コンクリート)に実強度を考慮した解析ケース	基本ケース	地盤物性のばらつき(+1σ)を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース		
地盤物性	平均値	設計基準強度	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値	設計基準強度	平均値+1σ	設計基準強度	
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	
地震動（位相）	S s - D 1	++*1	○	○	○	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○	○	○	○
	S s - D 2	++*1	○	○	○	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○	○	○	○
	S s - D 3	++*1	○	○	○	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○	○	○	○
	S s - F 1	++*1	○	○	○	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○	○	○	○
	S s - F 2	++*1	○	○	○	○	○	○	○
	-+*1	○	○	○	○	○	○	○	
S s - F 3	++*1	○	○	○	○	○	○	○	
	-+*1	○	○	○	○	○	○	○	
S s - N 1	++*1	○	○	○	○	○	○	○	
	-+*1	○	○	○	○	○	○	○	

【追加解析ケースについて】
 基準地震動 S s (7波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7波) を加えた全 14 波に対し、全応力解析及び有効応力解析を実施し、照査を行ったケース①及びケース⑥の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に對する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②～④又はケース⑦及び⑧を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。

注記*1: 耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会 原子力土木委員会, 2005年6月) (以下「土木学会マニュアル」という。) に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。
 *2: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

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

屋外重要土木構造物等に支持される機器・配管系の耐震安全性評価に適用する応答加速度及び応答変位の算定については、基準地震動 S_s (7波)、弾性設計用地震動 S_d (7波) 及びこれらに水平動の位相反転を考慮した地震動 (28波) を用いて、図 5.3-1 に示す全応力解析のケース①～④及び有効応力解析のケース⑧を実施する。

屋外重要土木構造物等の耐震安全性評価においては、有効応力解析のケース⑥～⑧ (地盤物性：標準, $+\sigma$, $-\sigma$) を考慮するのに対して、機器・配管系の耐震安全性評価においてケース⑧ (地盤物性： $-\sigma$) のみ考慮する理由は、有効応力解析による周辺地盤の液状化を考慮した床応答は、固有周期が長周期化することにより機器・配管系の固有周期帯への影響は小さいと考えられるため、地盤が硬い側 (ケース②：全応力解析, 地盤物性 $+\sigma$) から地盤が軟らかい側 (ケース⑧：有効応力解析, 地盤物性 $-\sigma$) の床応答を設計に考慮したものである。

なお、全応力解析に対して材料物性に剛性低下を考慮したケース⑤についても基準地震動 S_s (7波) を用いて機器・配管系の耐震安全性評価への影響を確認する。

機器・配管系の耐震安全性評価に適用するケースの組合せを図 5.3-1 及び表 5.3-1 に示す。

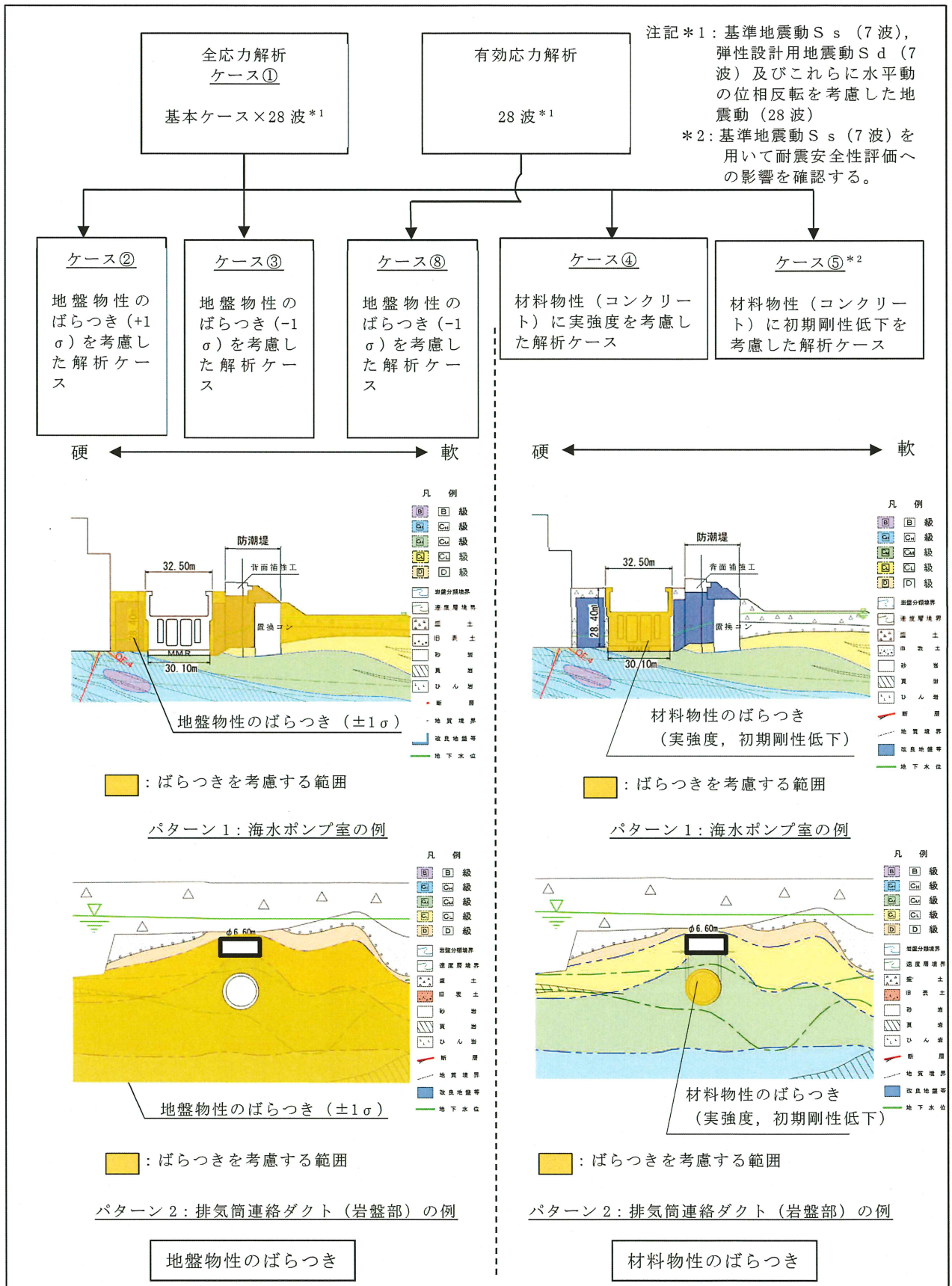


図 5.3-1 機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 5.3-1 (1) 機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース (基準地震動 S s)

解析ケース*3	全応力解析					有効応力解析 ケース⑧		
	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤			
	基本ケース	地盤物性のばらつき(+1σ)を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース	材料物性(コンクリート)に実強度を考慮した解析ケース	材料物性(コンクリート)に剛性低下を考慮した解析ケース			
地盤物性	平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値	平均値	平均値-1σ		
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*1	剛性低下に基づく圧縮強度	設計基準強度		
地震動 (位相)	++*1	○	○	○	○	△	○	
	-+*1	○	○	○	○	-	○	
	S s - D 1	++*1	○	○	○	○	△	○
		-+*1	○	○	○	○	-	○
	S s - D 2	++*1	○	○	○	○	△	○
		-+*1	○	○	○	○	-	○
	S s - D 3	++*1	○	○	○	○	△	○
		-+*1	○	○	○	○	-	○
	S s - F 1	++*1	○	○	○	○	△	○
		-+*1	○	○	○	○	-	○
	S s - F 2	++*1	○	○	○	○	△	○
		-+*1	○	○	○	○	-	○
S s - F 3	++*1	○	○	○	○	△	○	
	-+*1	○	○	○	○	-	○	
S s - N 1	++*1	○	○	○	○	△	○	
	-+*1	○	○	○	○	-	○	

注記*1: 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。
 *2: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。なお, 新設構造物については, 文献を参照し推定した圧縮強度とする。
 *3: ○は設計に用いる解析ケースを示し, △は影響検討ケースを示す。

表 5.3-1 (2) 機器・配管系の耐震安全性評価に適用する解析ケース（弾性設計用地震動 S d）

解析ケース	全応力解析				有効応力解析	
	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④		
	基本ケース	地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース		
地盤物性	平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値	平均値-1σ	
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2	設計基準強度	
地震動（位相）	S d - D 1	++*1	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
	S d - D 2	++*1	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
	S d - D 3	++*1	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
	S d - F 1	++*1	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
	S d - F 2	++*11	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
	S d - F 3	++*1	○	○	○	○
		-+*1	○	○	○	○
S d - N 1	++*1	○	○	○	○	
	-+*1	○	○	○	○	

注記*1：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。
 *2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。なお，新設構造物については，文献を参照し推定した圧縮強度とする。

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) 15-3
5. 検討結果	資料 1- (参考) 15-49

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確認する。

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

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）」の応答を求め「工認用解析ケース（基本ケース及び不確かさケース）」の地震応答解析結果と比較する。

- ・ 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

影響検討フローを図 1 に示す。

屋外重要土木構造物等にコンクリートの初期剛性低下を考慮した影響検討用解析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。）と工認用解析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。）を比較し、最大応答加速度及び床応答曲線の応答比率を作成する。作成した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 \leq 裕度であれば影響なし）を行う。

また、簡易評価で成立性を確認できなか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）を行う。

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

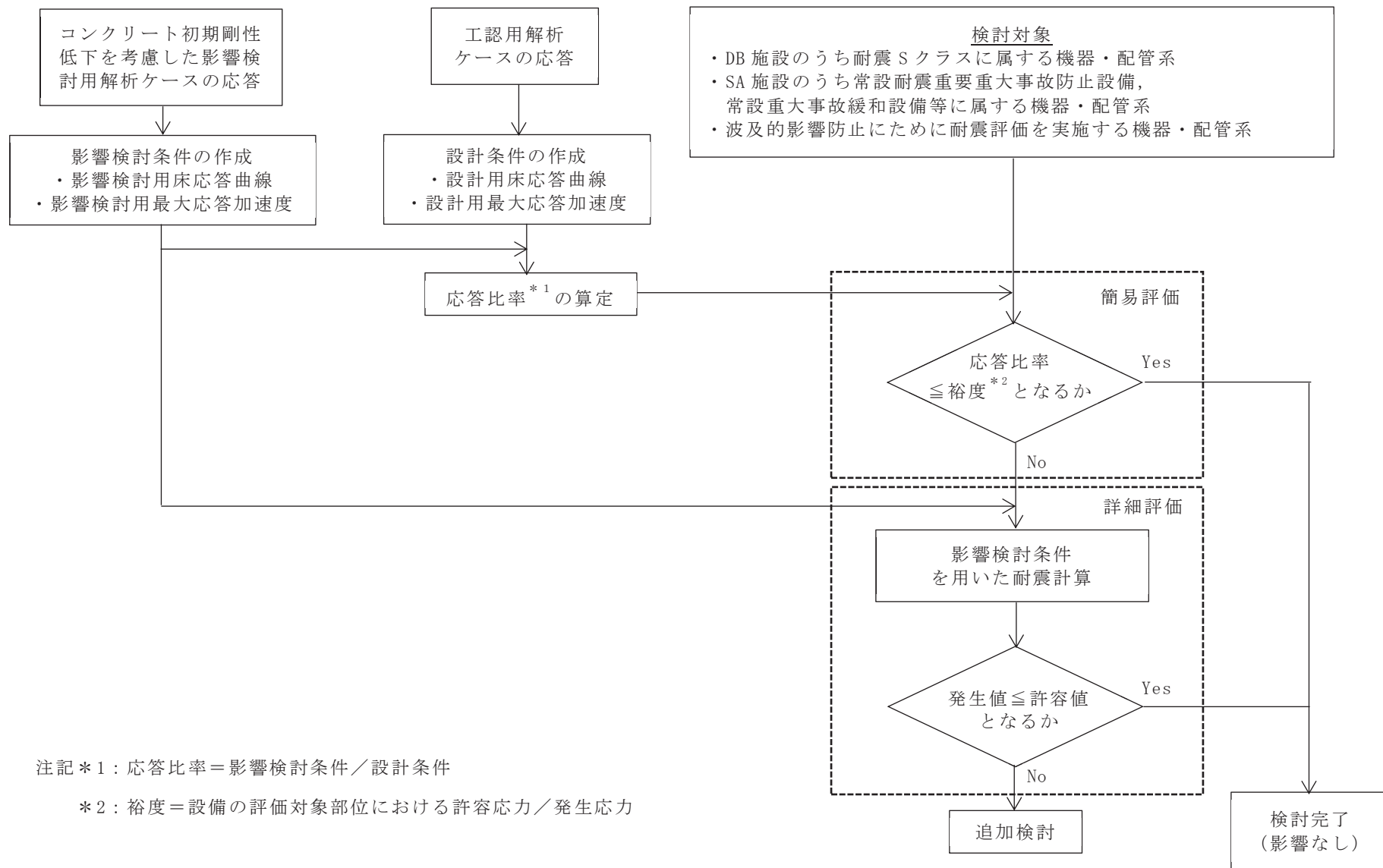


図 1 屋外重要土木構造物等におけるコンクリート初期剛性低下を考慮した影響検討フロー

4. 検討内容

(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。

a. 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 1～9 に示す。

影響検討条件の最大応答加速度が設計条件の最大応答加速度を一部上回ることを確認した。

(a) 復水貯蔵タンク基礎

表 1(1) 最大応答加速度の応答比率（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	1.18	1.18	1.00
しゃへい壁	20.600	2.21	2.44	1.11
	19.600	2.02	2.23	1.11
	17.800	1.72	1.75	1.02
	14.800	1.51	1.55	1.03
	13.250	1.43	1.45	1.02
	11.225	1.33	1.33	1.00
	9.200	1.18	1.18	1.00
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	1.24	1.21	0.98

表 1 (2) 最大応答加速度の応答比率 (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	0.91	0.90	0.99
	19.362	0.91	0.90	0.99
	17.402	0.91	0.90	0.99
	15.442	0.91	0.90	0.99
	13.482	0.91	0.90	0.99
	11.522	0.91	0.90	0.99
	9.562	0.91	0.90	0.99
しゃへい壁	20.600	0.91	0.90	0.99
	19.600	0.91	0.90	0.99
	17.800	0.91	0.90	0.99
	14.800	0.91	0.90	0.99
	13.250	0.91	0.90	0.99
	11.225	0.91	0.90	0.99
	9.200	0.91	0.90	0.99
バルブ室	14.800	0.91	0.90	0.99
	13.250	0.91	0.90	0.99
	11.225	0.91	0.90	0.99
連絡トレンチ	10.500	0.91	0.90	0.99

(b) 海水ポンプ室

表 2(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.03
-9.800	1.18	1.30	1.11

表 2(2) 最大応答加速度の応答比率 (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	0.83
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 2(3) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.03
-9.800	1.18	1.30	1.11

表 2(4) 最大応答加速度の応答比率 (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

(c)原子炉機器冷却海水配管ダクト（水平部）

表 3(1) 最大応答加速度の応答比率（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	1.21	1.12	0.93
-4.75	1.20	1.31	1.10
-8.85	1.19	1.03	0.87

表 3(2) 最大応答加速度の応答比率（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	1.09	1.12	1.03
-4.75	1.08	1.06	0.99
-8.85	1.02	0.97	0.96

(d)軽油タンク室

表 4(1) 最大応答加速度の応答比率（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	1.55	1.61	1.04
	9.50	1.31	1.30	1.00
ポンプ室	14.80	1.52	1.56	1.03
	9.50	1.30	1.33	1.03

表 4(2) 最大応答加速度の応答比率（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	0.95
ポンプ室	14.80	0.95	0.93	0.98
	9.50	0.91	0.89	0.98

(e) 軽油タンク室 (H)

表 5(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	2.04	2.13	1.05
6.40	1.56	1.36	0.88

表 5(2) 最大応答加速度の応答比率 (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	0.99	1.00	1.01

(f) ガスタービン発電設備軽油タンク室

表 6(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.38	0.94
56.70	0.90	0.85	0.94

表 6(2) 最大応答加速度の応答比率 (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	0.74	0.94	1.27
56.70	0.69	0.64	0.93

(g) 軽油タンク連絡ダクト

表 7(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.47	1.52	1.04
10.5	1.36	1.34	0.98
9.5	1.21	1.20	1.00

表 7(2) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.10	1.08	0.99
10.5	1.09	1.08	1.00
9.5	1.04	1.02	0.99

(h) 排気等基礎

表 8(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.41	1.35	0.96
1.00	1.25	1.17	0.94

表 8(2) 最大応答加速度の応答比率 (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	0.93	0.94	1.02
10.41	0.93	0.92	0.99
6.60	0.91	0.90	0.99
1.00	0.85	0.85	1.00

(i)排気筒連絡ダクト

表 9(1) 最大応答加速度の応答比率 (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	1.51	1.59	1.06
中間点	1.00	0.99	0.99
底板	1.11	1.12	1.01

表 9(2) 最大応答加速度の応答比率 (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

b. 床応答スペクトル

各屋外重要土木構造物等の各標高における床応答スペクトルの比較結果を図 2 に示す。なお、床応答スペクトルは、設備評価に用いているもののうち減衰 2.0% のものを代表として示している。

影響検討条件の床応答スペクトルが一部周期帯において、設計条件の床応答周スペクトルを一部上回ることを確認した。

床応答スペクトルの応答比率は、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 3 に示す。

(a) 復水貯蔵タンク基礎

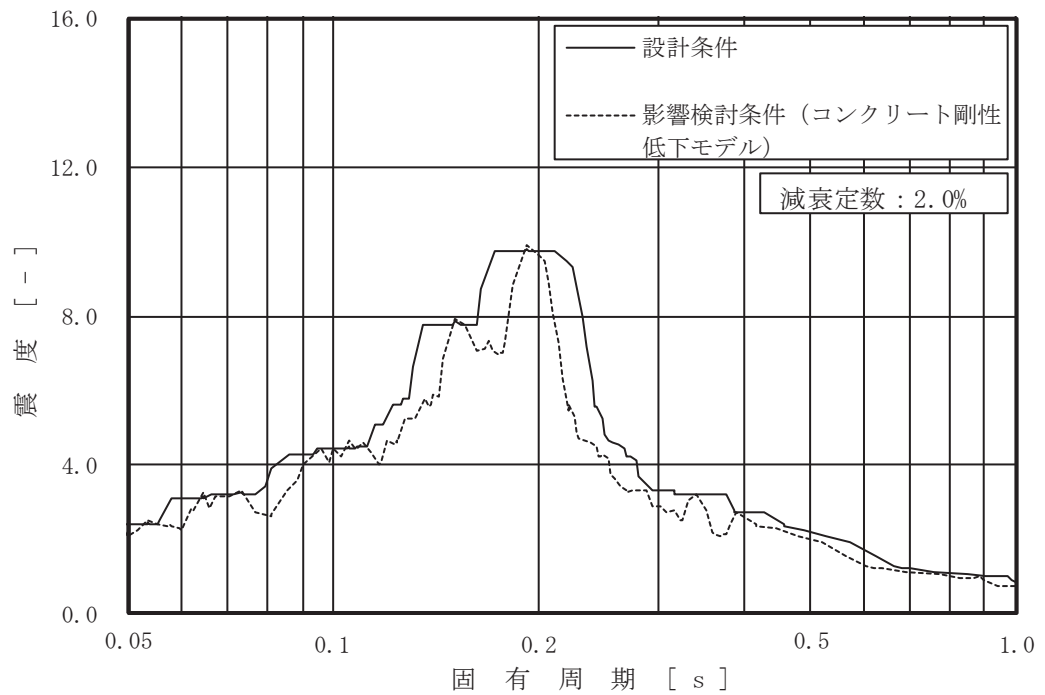


図2 床応答スペクトルの比較 (1/63)

(復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.13.250m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

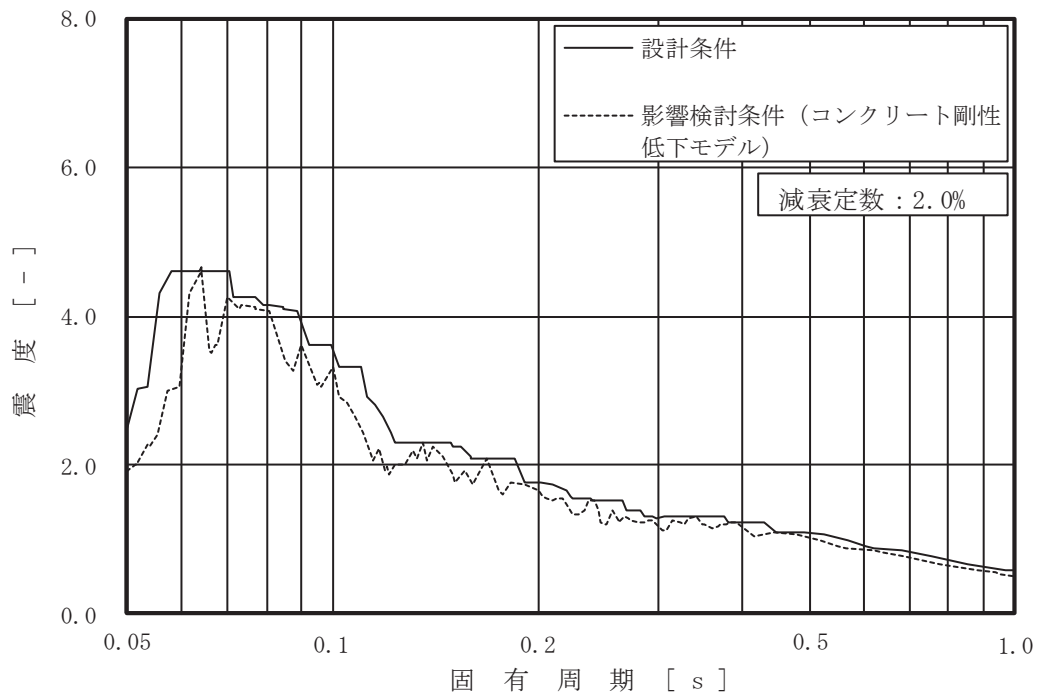


図2 床応答スペクトルの比較 (2/63)

(復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.13.250m , 鉛直, 減衰 2%)

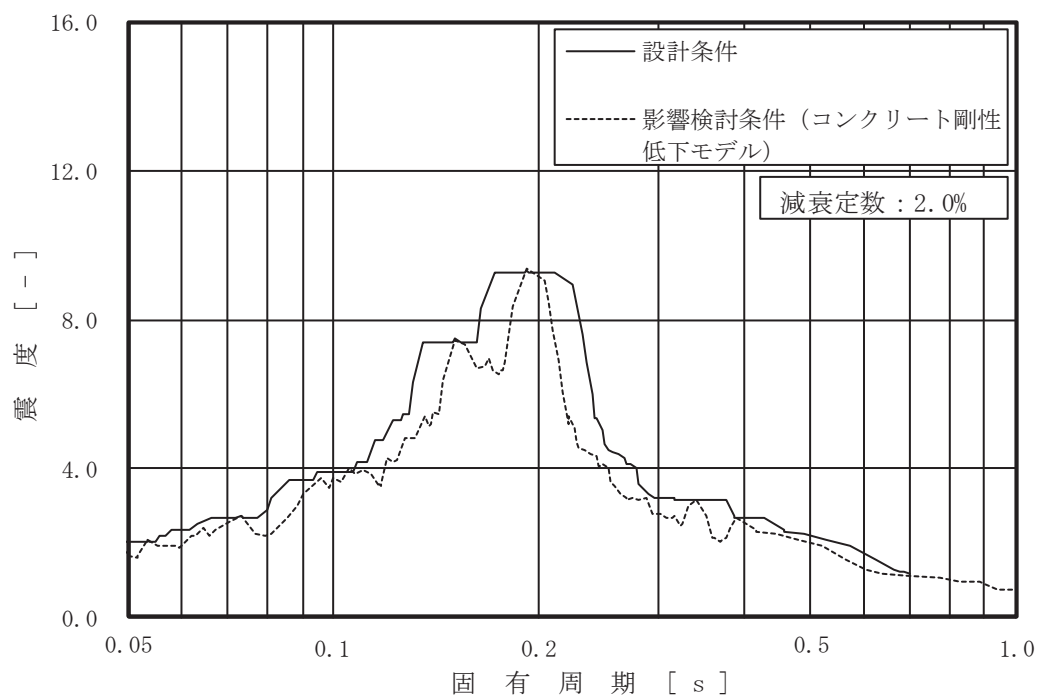


図2 床応答スペクトルの比較 (3/63)

(復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.11.225m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

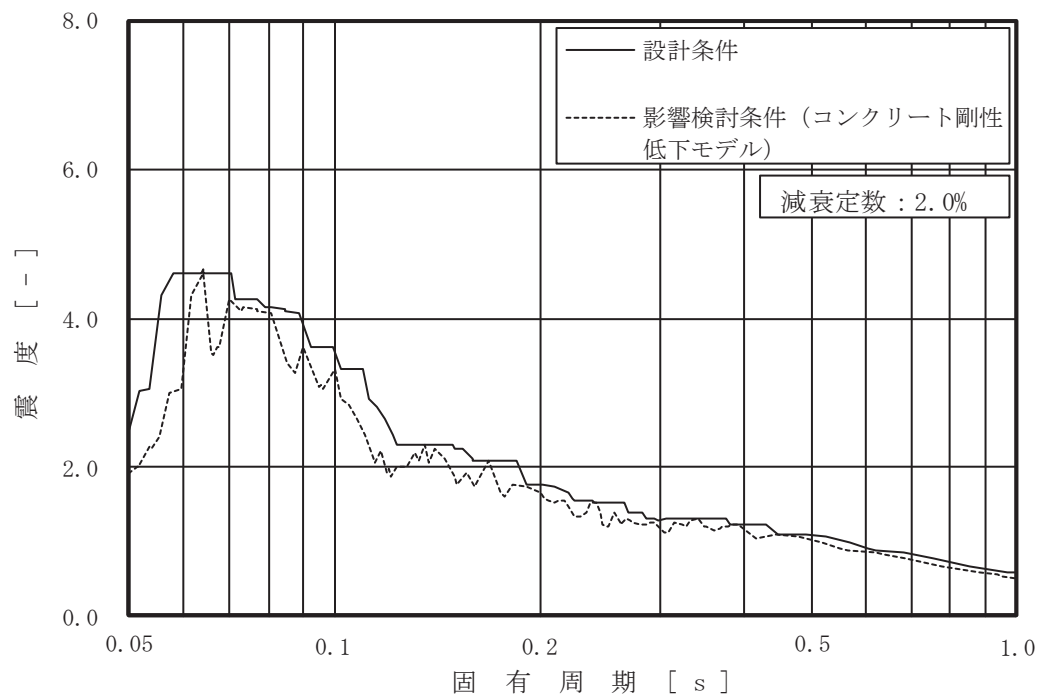


図2 床応答スペクトルの比較 (4/63)

(復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) 0.P.11.225m , 鉛直, 減衰 2%)

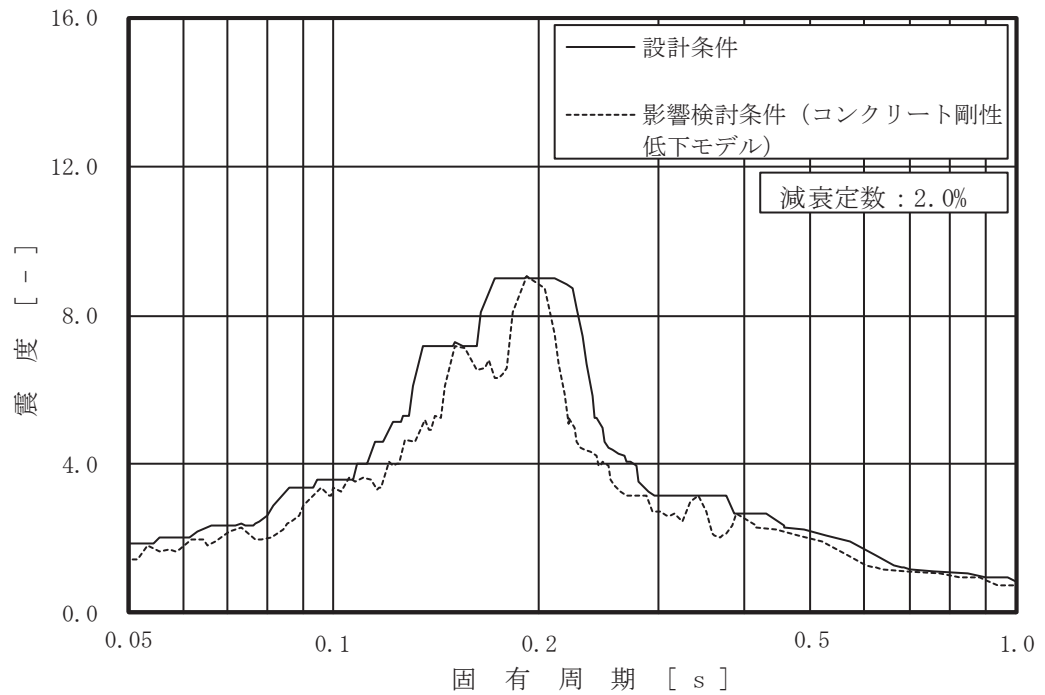


図2 床応答スペクトルの比較 (5/63)
 (復水貯蔵タンク基礎 (連絡トレンチ)
 O.P. 10.500m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

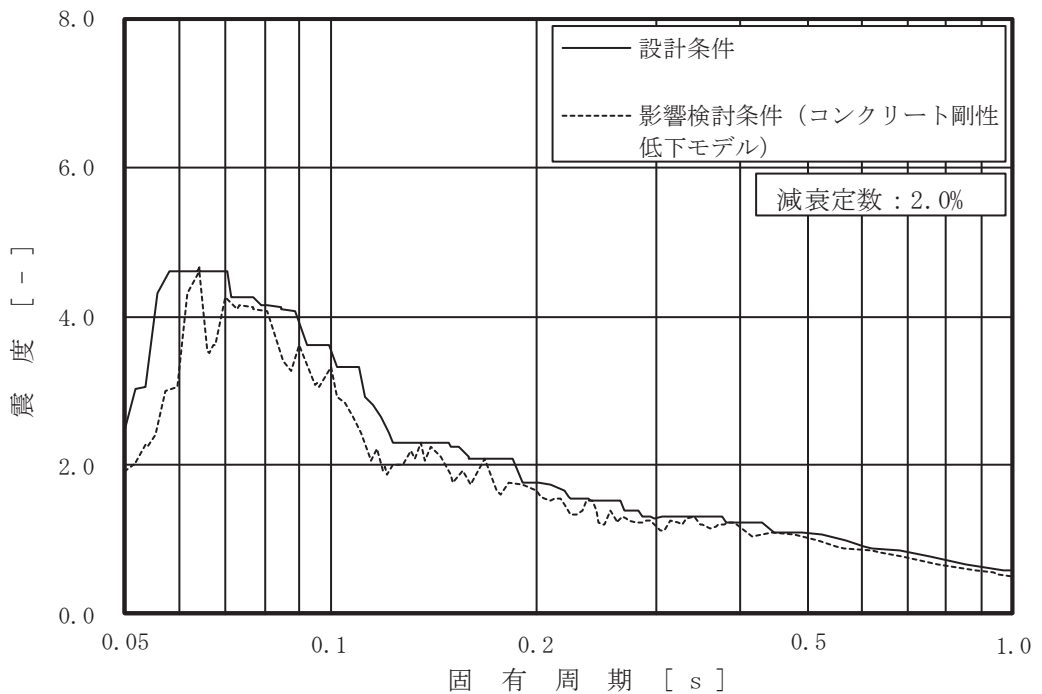


図2 床応答スペクトルの比較 (6/63)
 (復水貯蔵タンク基礎 (バルブ室) O.P. 10.500m , 鉛直, 減衰 2%)

(b) 海水ポンプ室

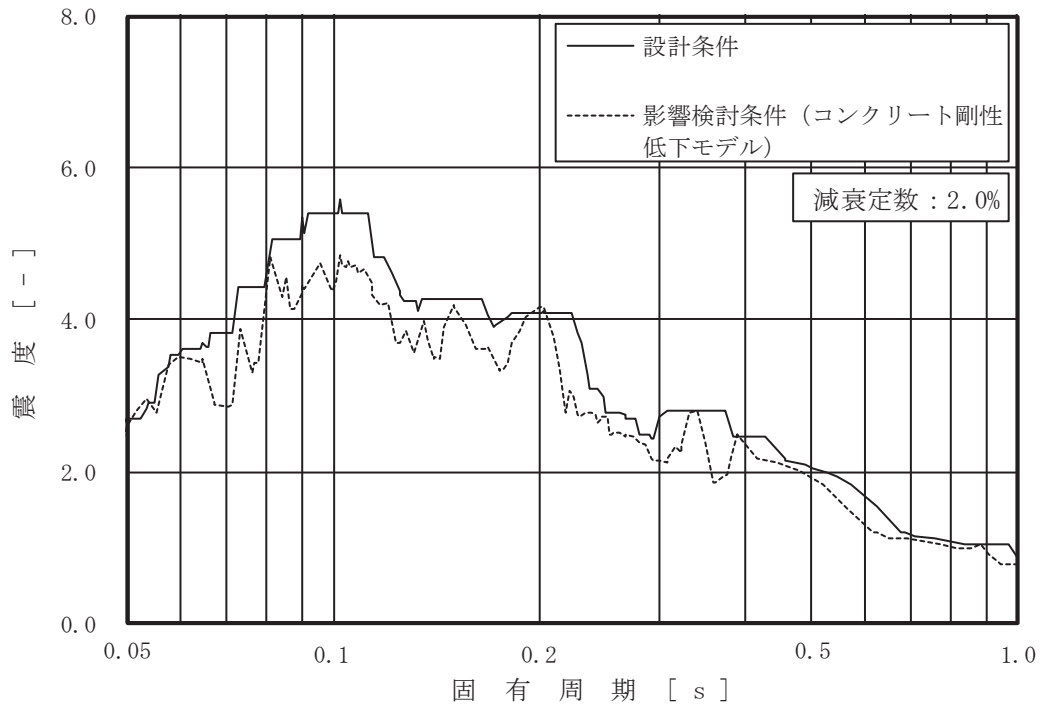


図2 床応答スペクトルの比較 (7/63)

(海水ポンプ室 O.P. 14.800m , 水平 (NS), 減衰 2%)

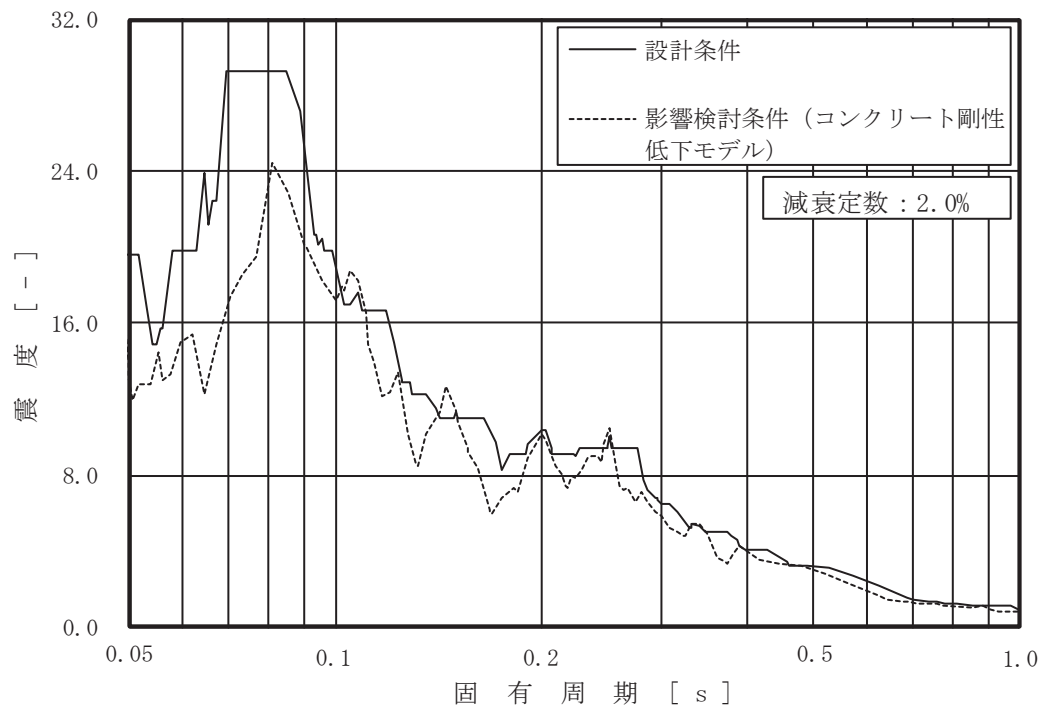


図2 床応答スペクトルの比較 (8/63)

(海水ポンプ室 O.P. 14.800m , 水平 (EW), 減衰 2%)

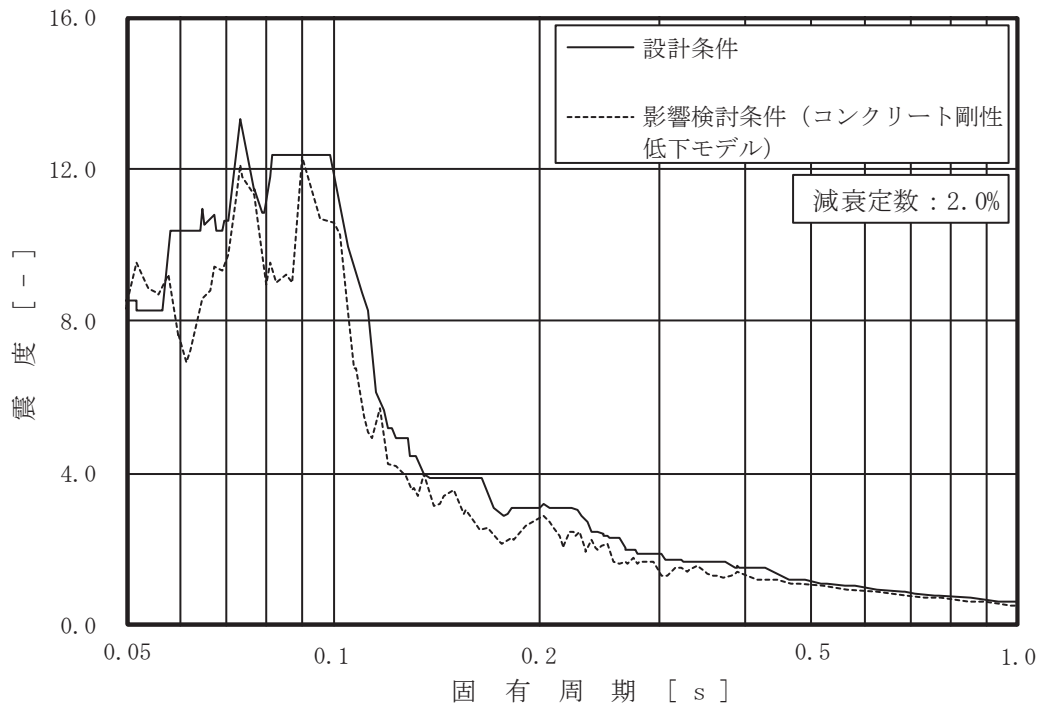


図2 床応答スペクトルの比較 (9/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 14.800m , 鉛直, 減衰 2%)

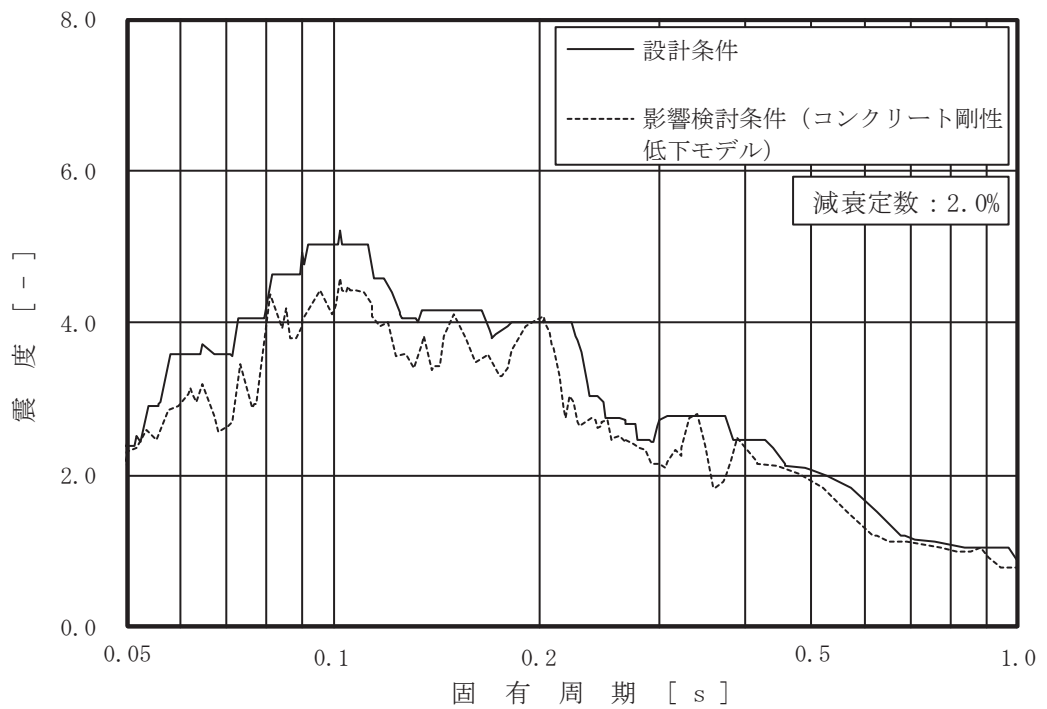


図2 床応答スペクトルの比較 (10/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 11.650m , 水平 (NS), 減衰 2%)

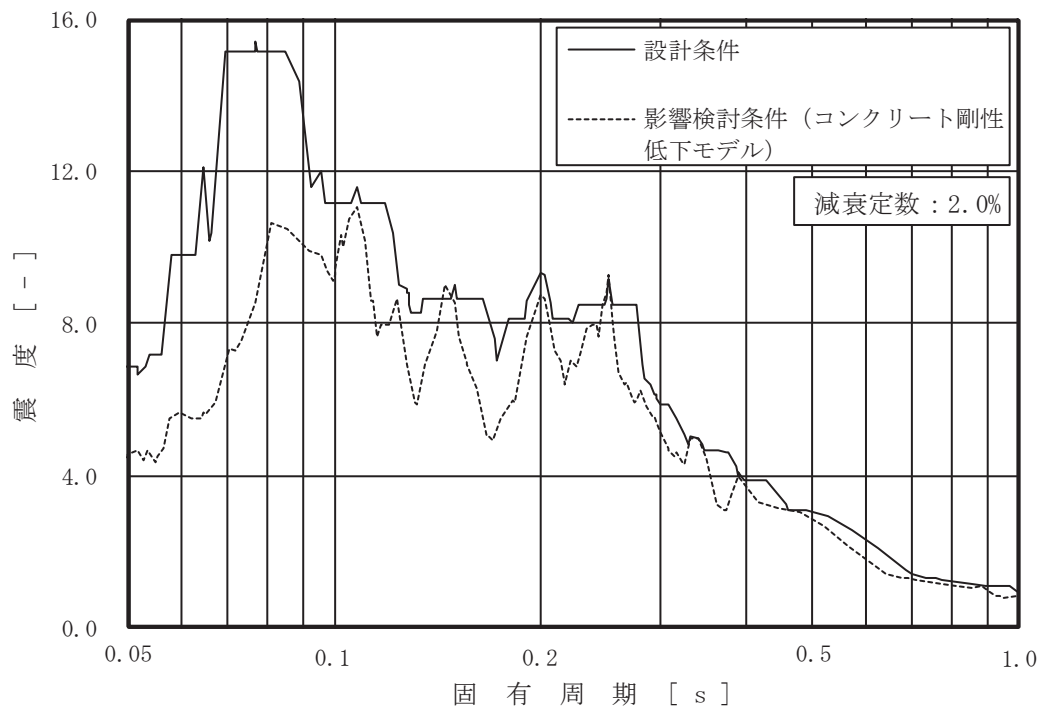


図2 床応答スペクトルの比較 (11/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 11.025m , 水平 (EW), 減衰 2%)

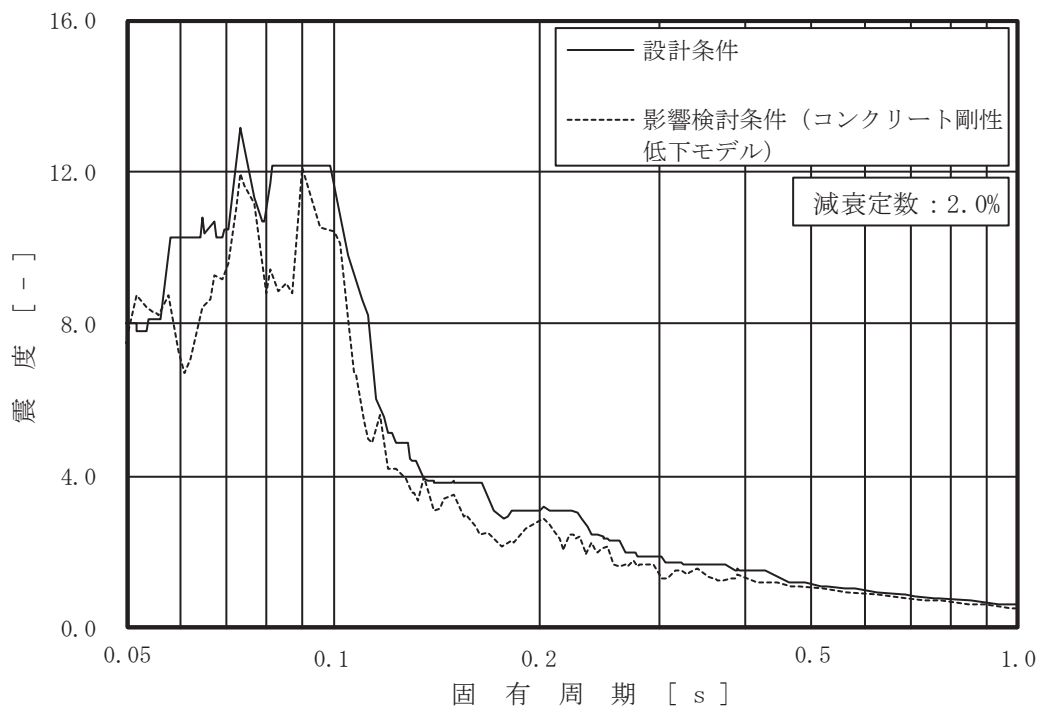


図2 床応答スペクトルの比較 (12/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 11.025m , 鉛直, 減衰 2%)

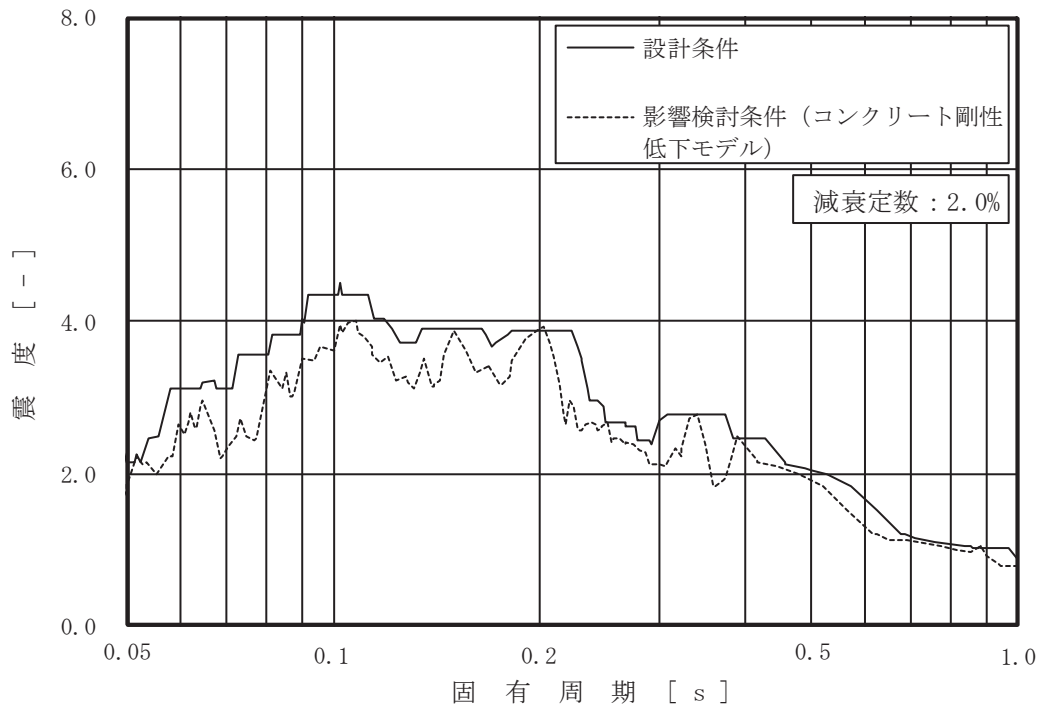


図2 床応答スペクトルの比較 (13/63)
 (海水ポンプ室 O.P.7.250m , 水平 (NS), 減衰 2%)

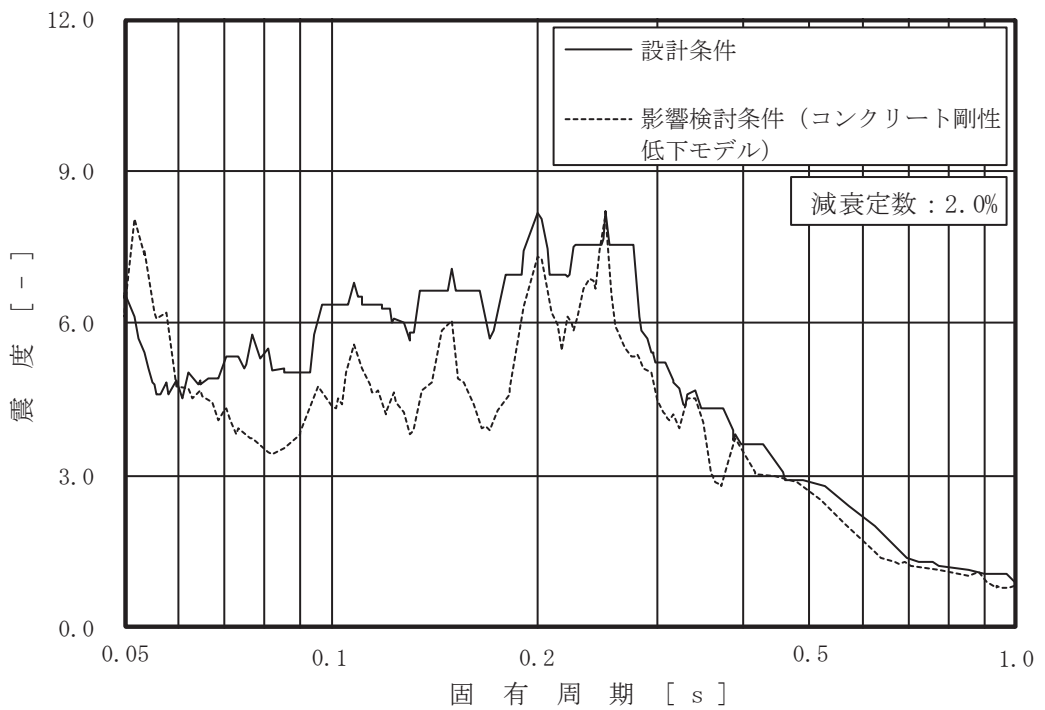


図2 床応答スペクトルの比較 (14/63)
 (海水ポンプ室 O.P.7.250m , 水平 (EW), 減衰 2%)

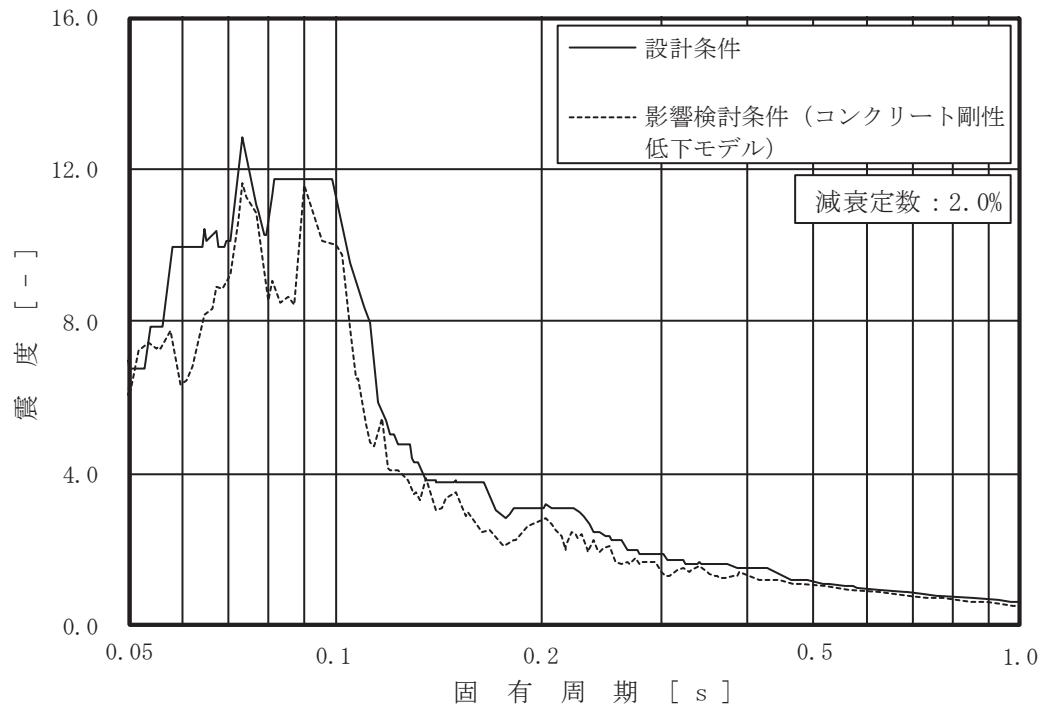


図2 床応答スペクトルの比較 (15/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 7.250m , 鉛直, 減衰 2%)

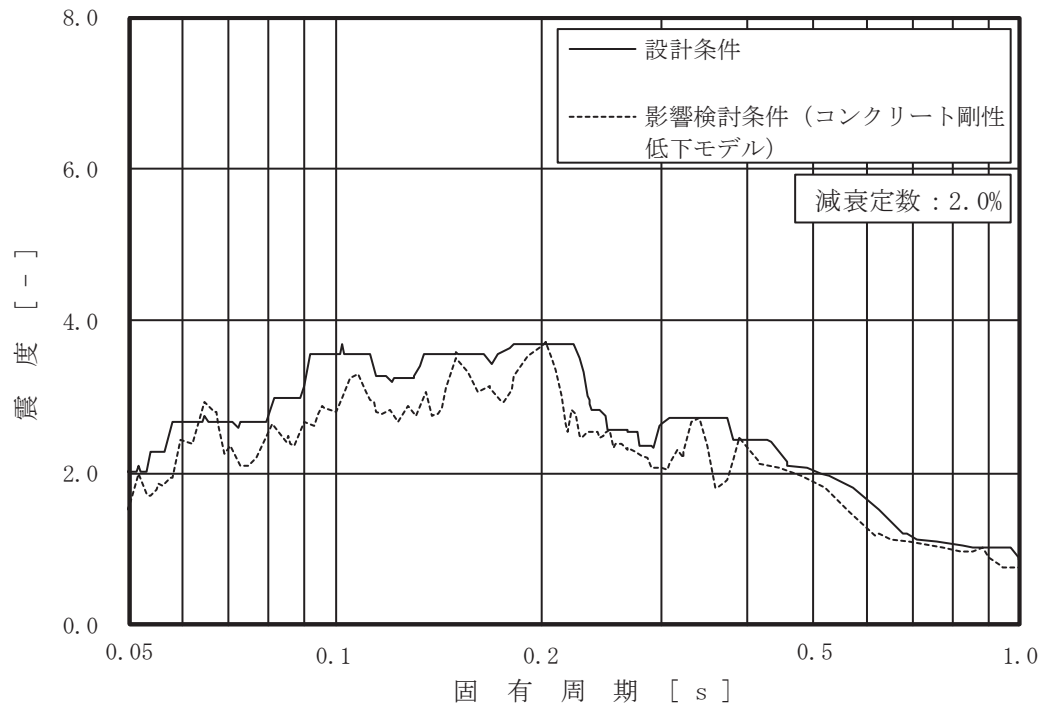


図2 床応答スペクトルの比較 (16/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 2.250m , 水平 (NS), 減衰 2%)

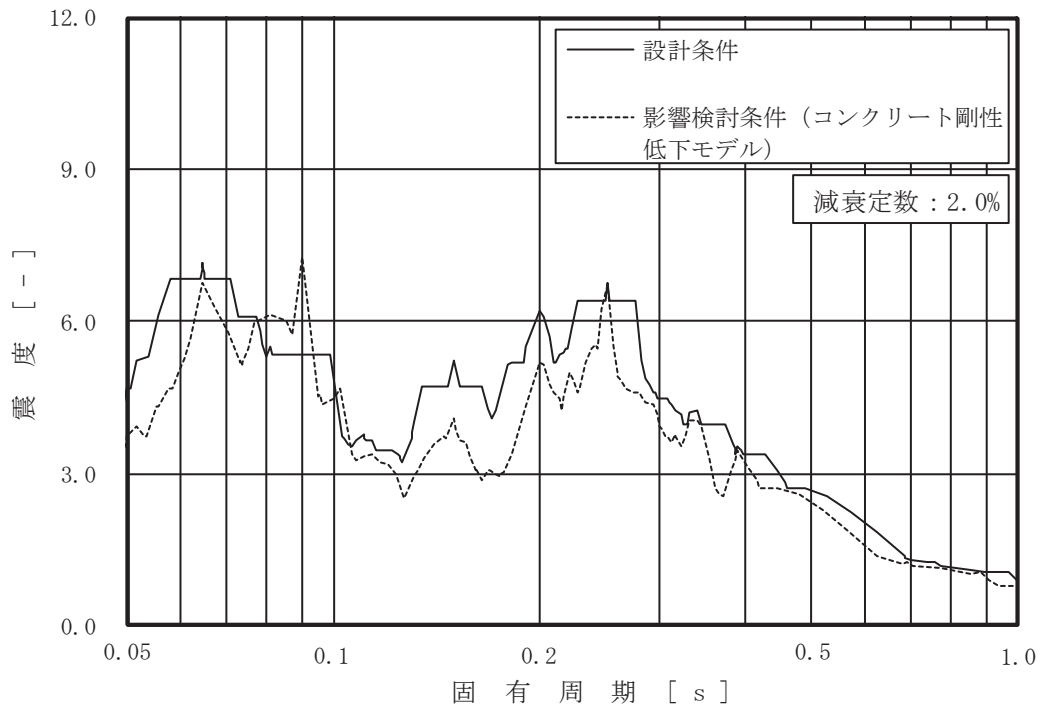


図2 床応答スペクトルの比較 (17/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 2.250m , 水平 (EW), 減衰 2%)

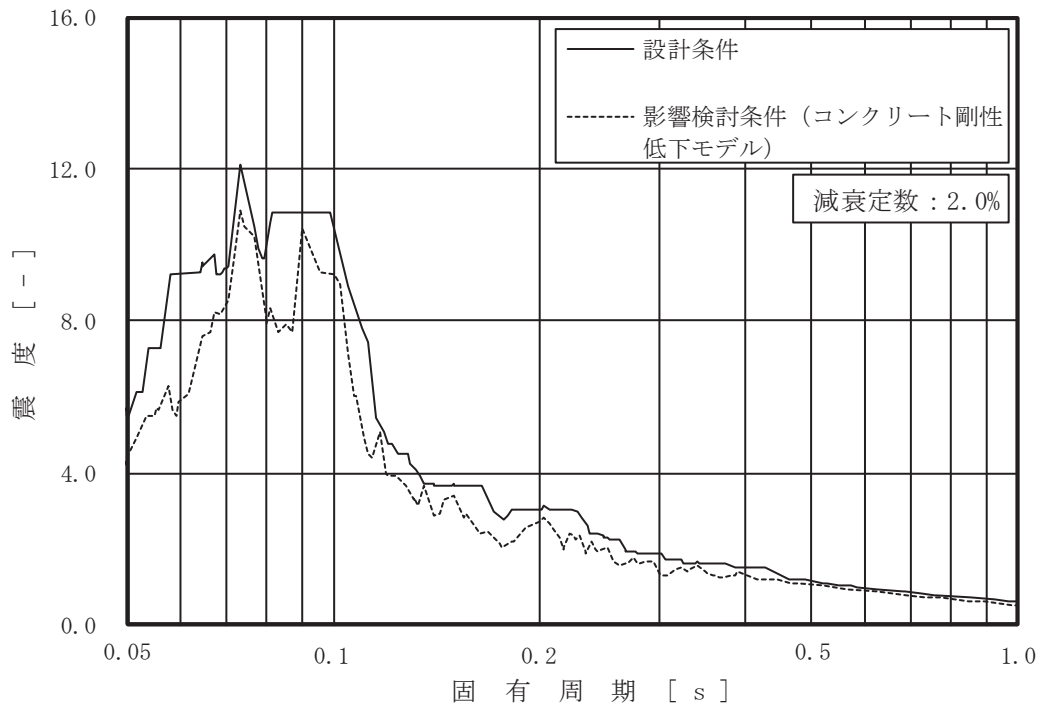


図2 床応答スペクトルの比較 (18/63)
 (海水ポンプ室 O.P. 2.250m , 鉛直, 減衰 2%)

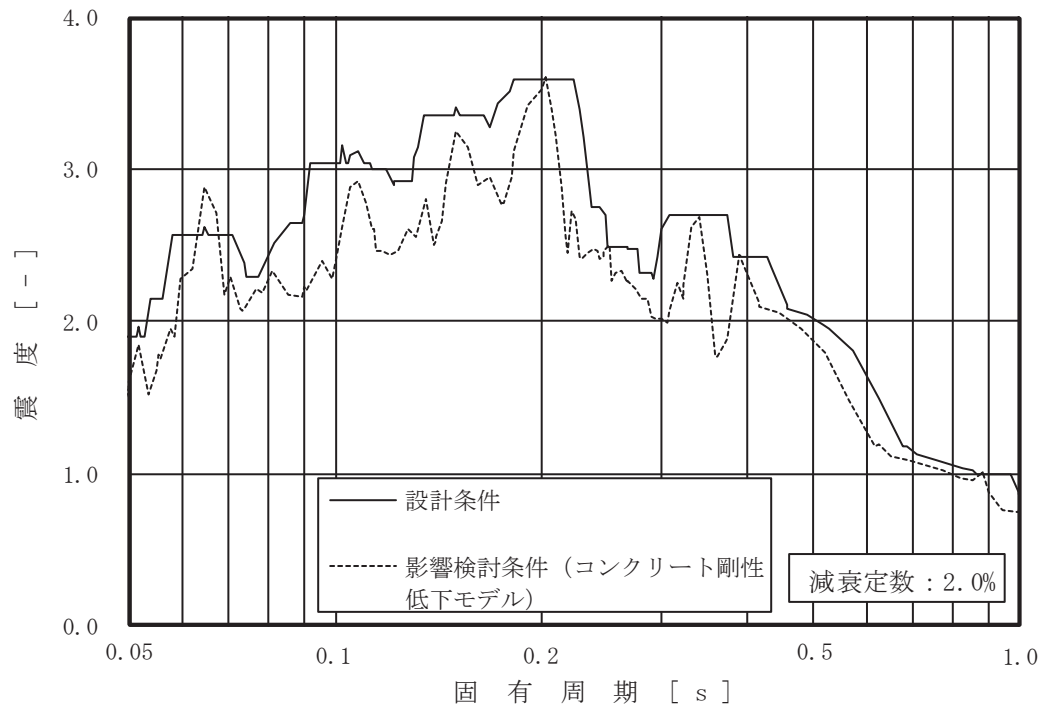


図2 床応答スペクトルの比較 (19/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -0.550m , 水平 (NS), 減衰 2%)

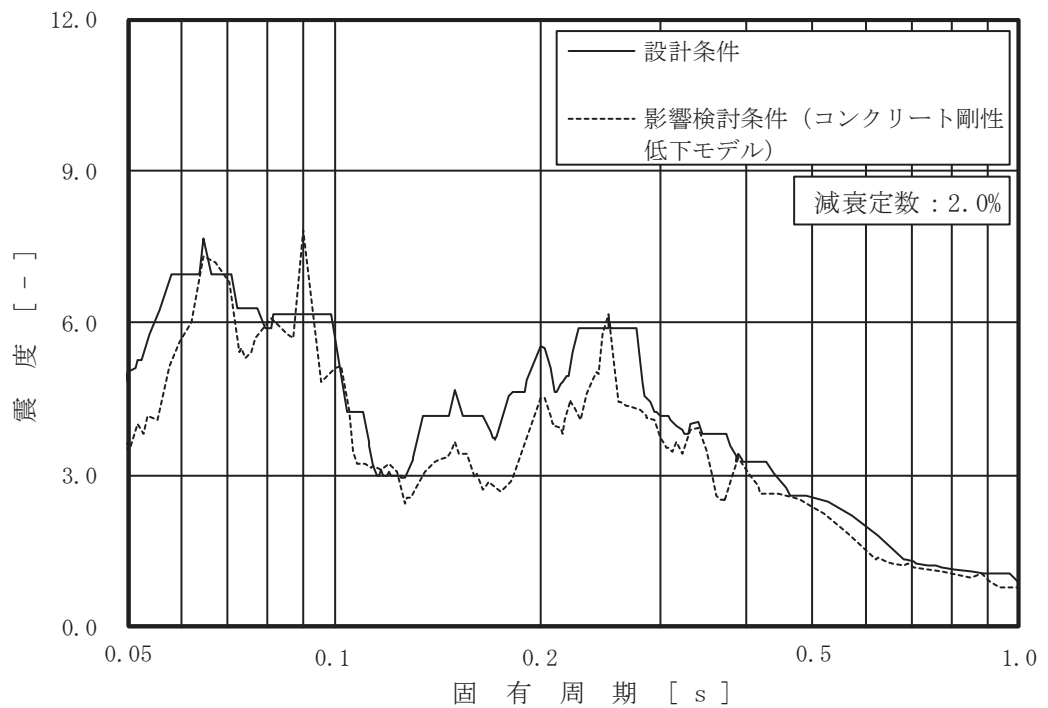


図2 床応答スペクトルの比較 (20/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -0.550m , 水平 (EW), 減衰 2%)

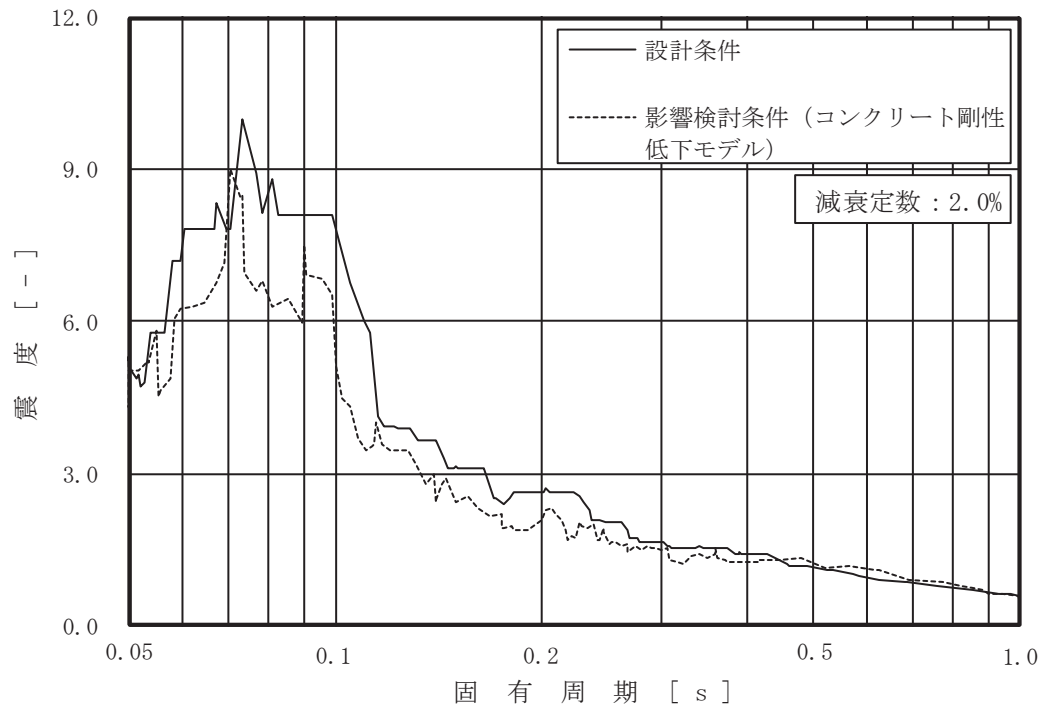


図2 床応答スペクトルの比較 (21/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -0.550m , 鉛直, 減衰 2%)

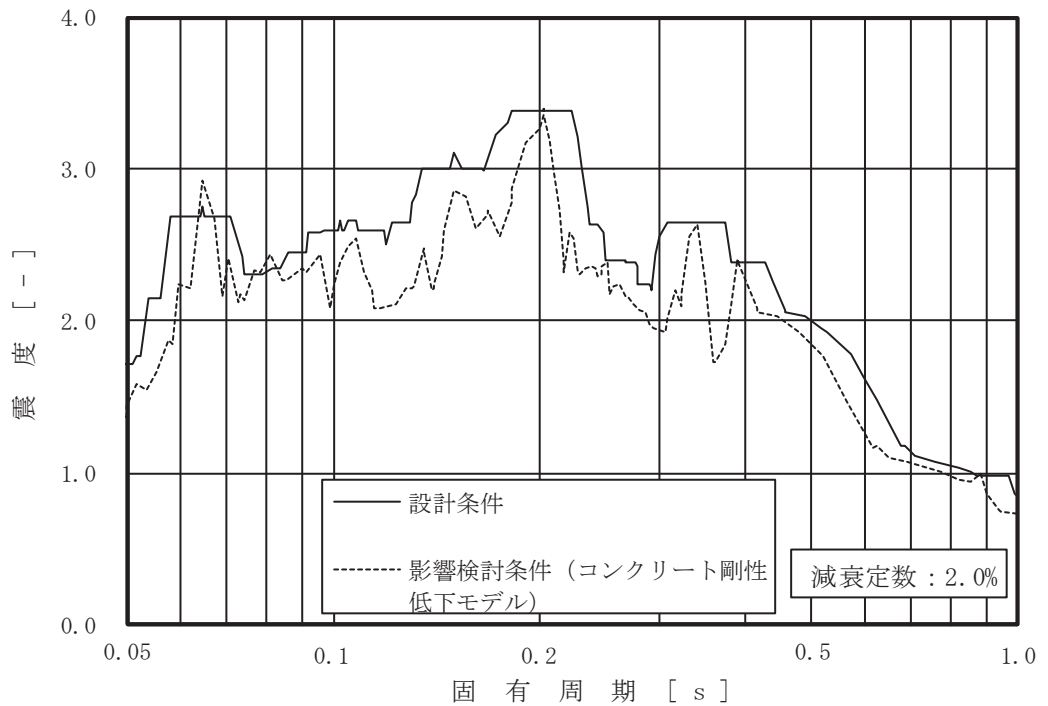


図2 床応答スペクトルの比較 (22/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -6.400m , 水平 (NS), 減衰 2%)

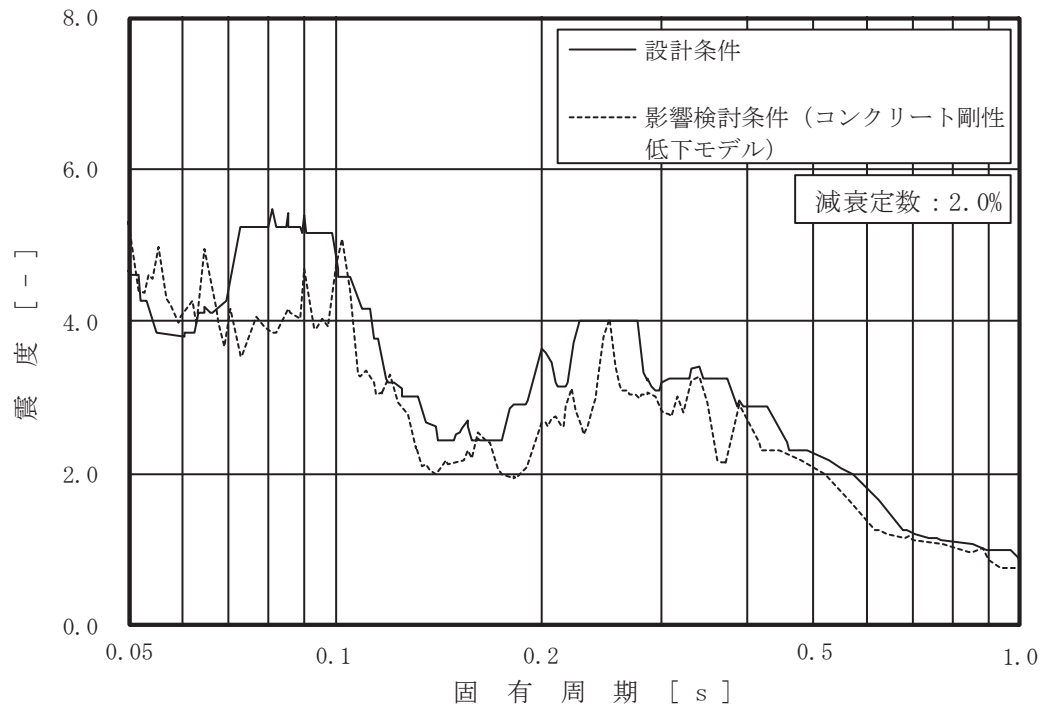


図2 床応答スペクトルの比較 (23/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -7.025m , 水平 (EW), 減衰 2%)

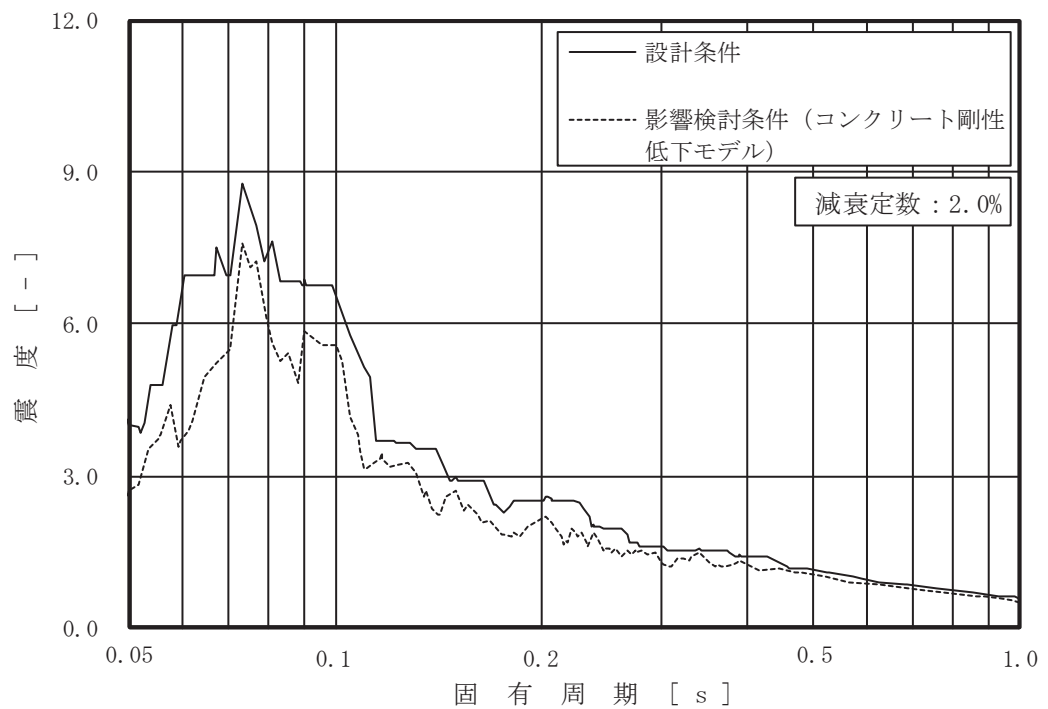


図2 床応答スペクトルの比較 (24/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -7.025m , 鉛直, 減衰 2%)

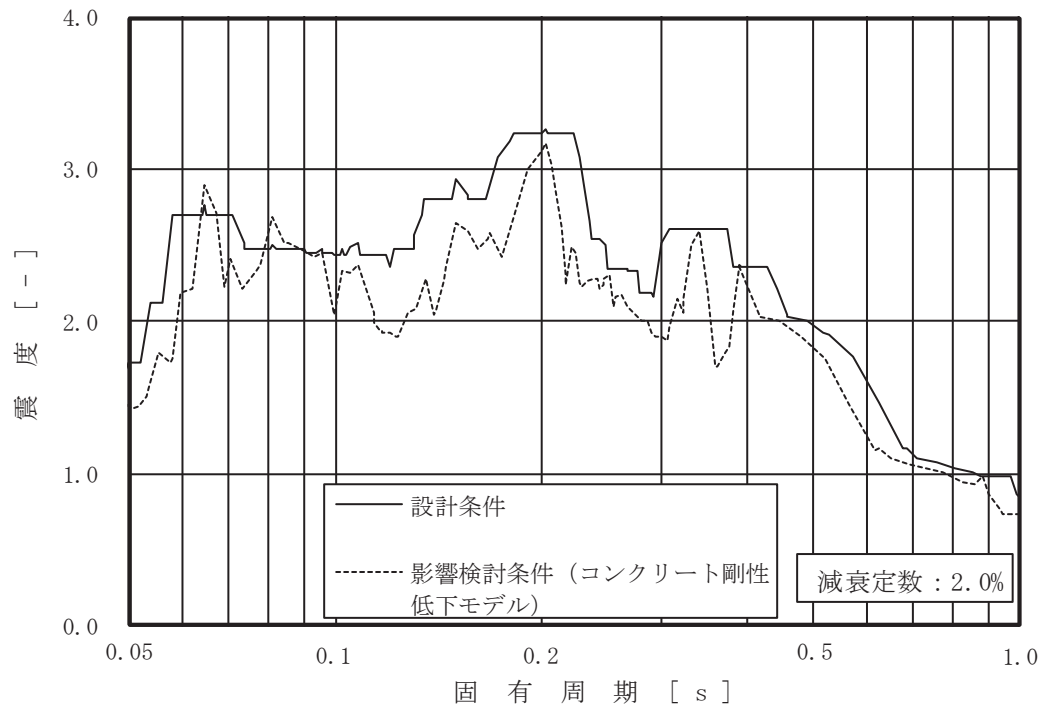


図2 床応答スペクトルの比較 (25/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -9.800m , 水平 (NS), 減衰 2%)

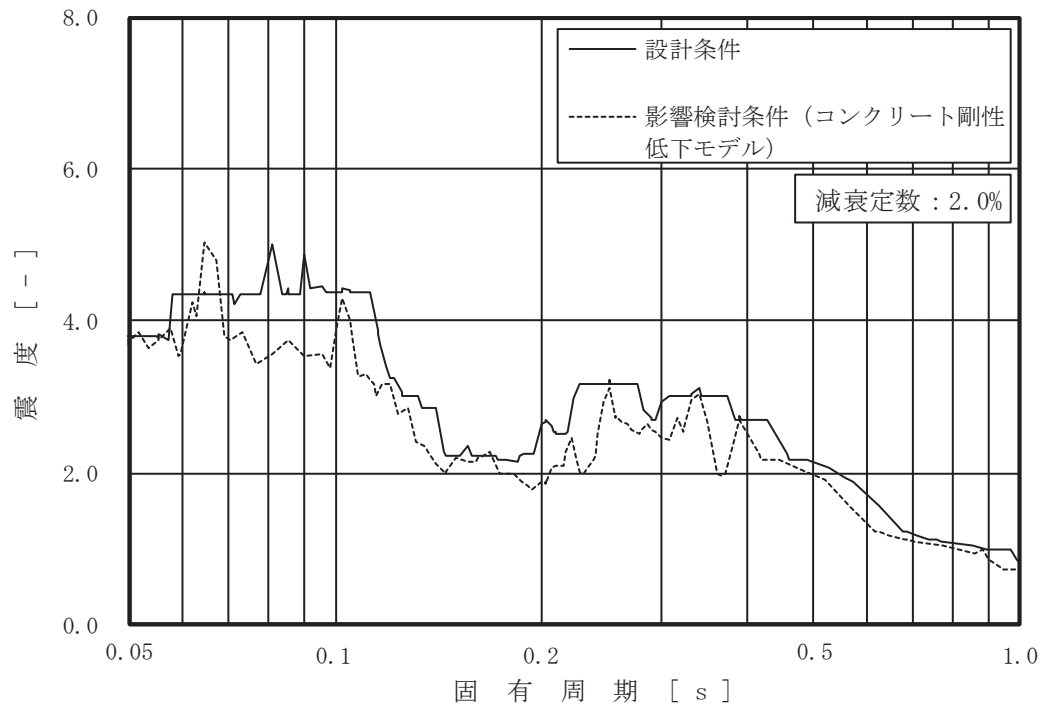


図2 床応答スペクトルの比較 (26/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -9.800m , 水平 (EW), 減衰 2%)

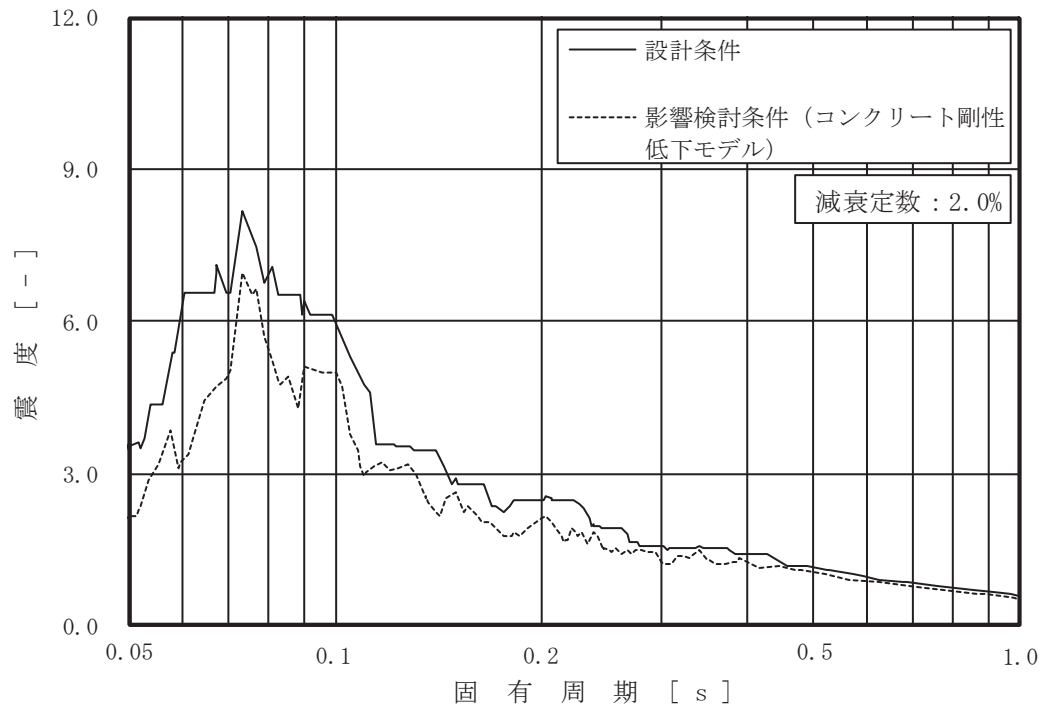


図2 床応答スペクトルの比較 (27/63)
 (海水ポンプ室 O.P. -9.800m , 鉛直, 減衰 2%)

(c) 軽油タンク室

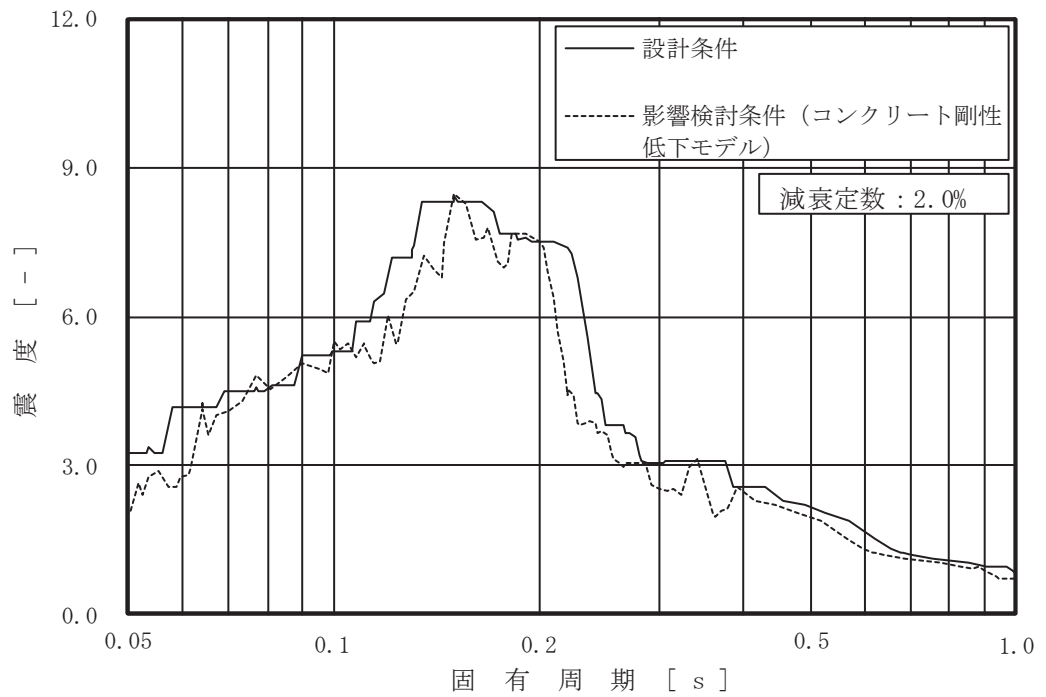


図2 床応答スペクトルの比較 (28/63)

(軽油タンク室 (タンク室) 0.P.14.800m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

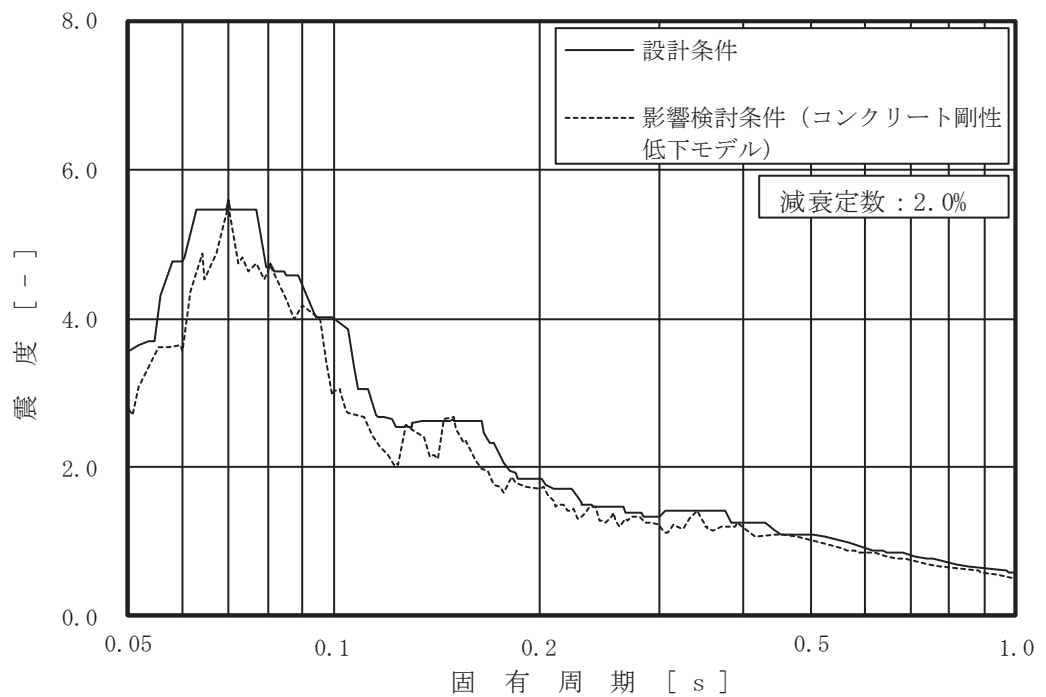


図2 床応答スペクトルの比較 (29/63)

(軽油タンク室 (タンク室) 0.P.14.800m , 鉛直, 減衰 2%)

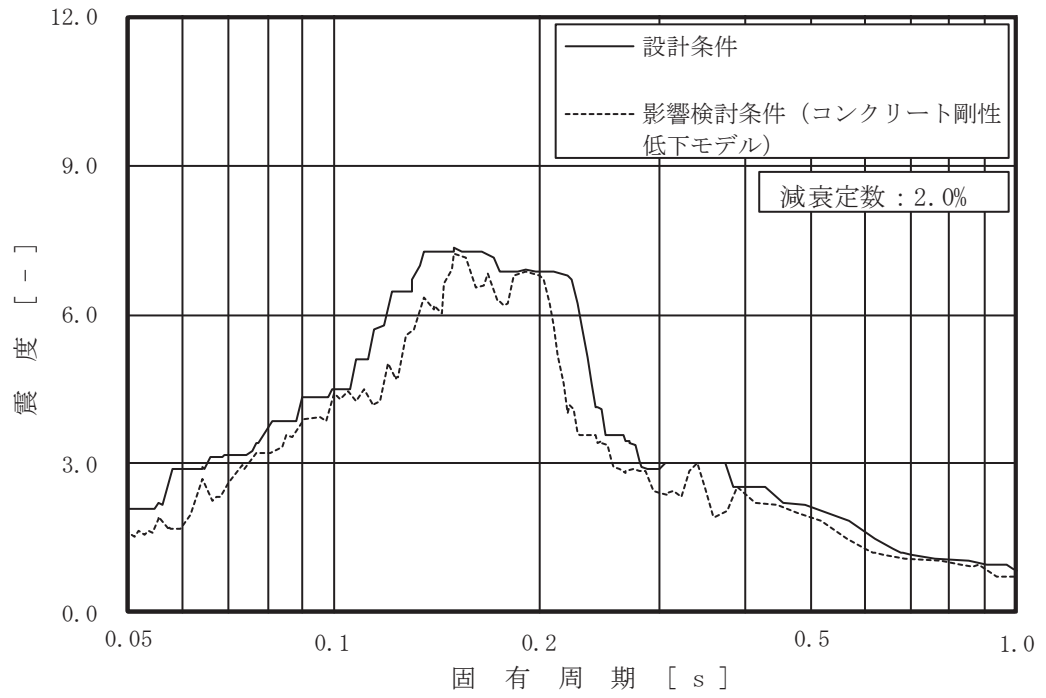


図2 床応答スペクトルの比較 (30/63)

(軽油タンク室 (タンク室) 0.P.9.500m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

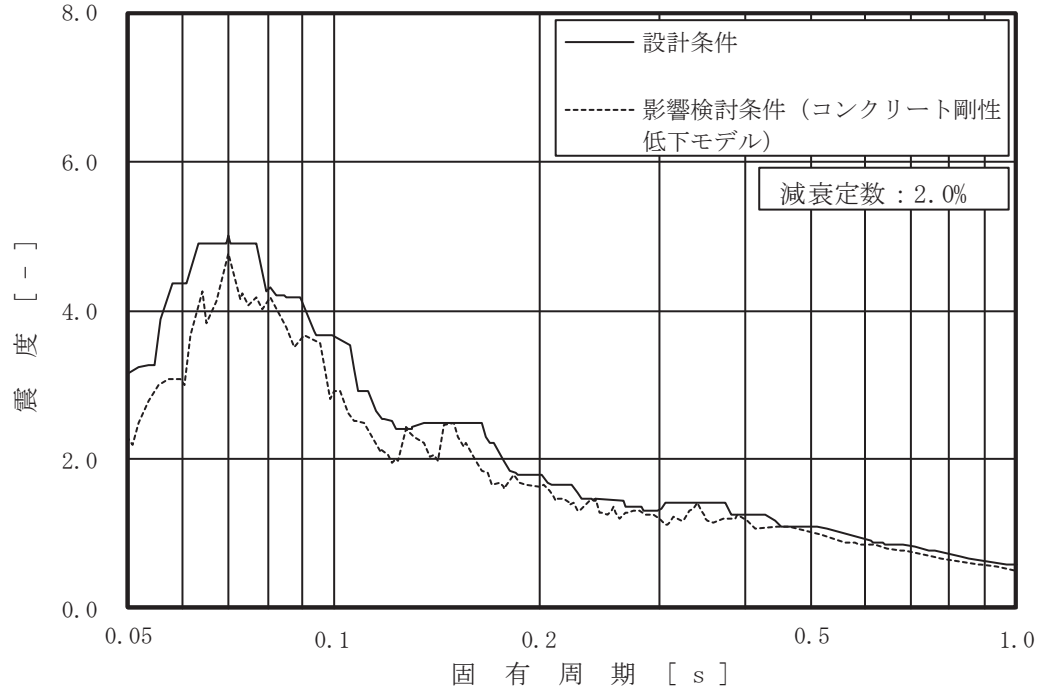


図2 床応答スペクトルの比較 (31/63)

(軽油タンク室 (タンク室) 0.P.9.500m , 鉛直, 減衰 2%)

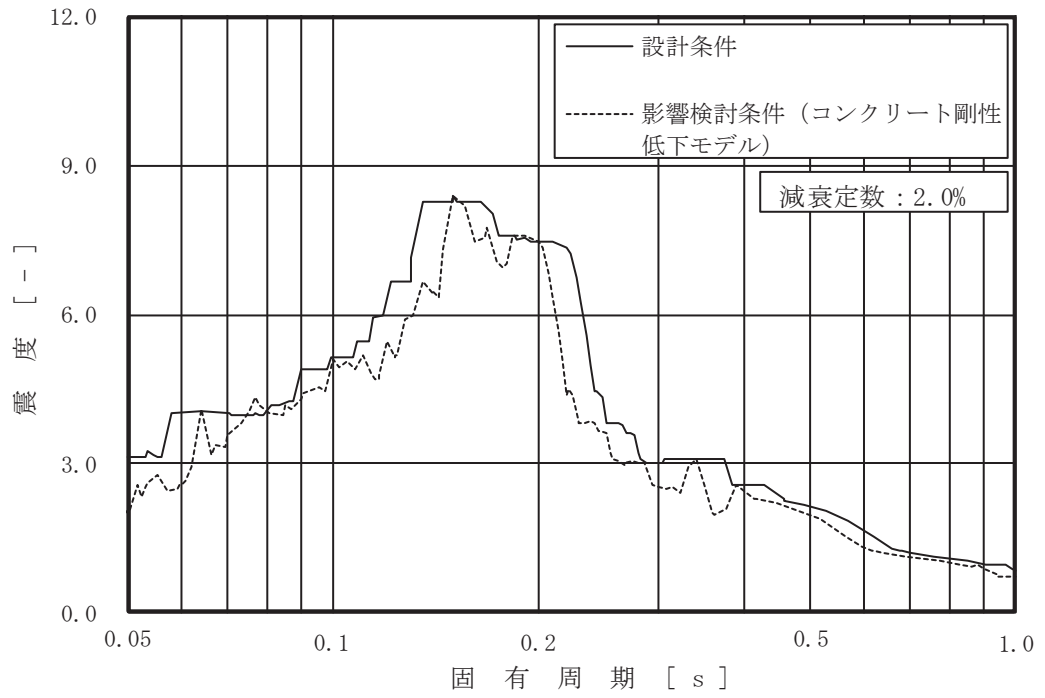


図2 床応答スペクトルの比較 (32/63)

(軽油タンク室 (ポンプ室) O.P. 14.800m , 水平 (NS, EW 包絡), 減衰 2%)

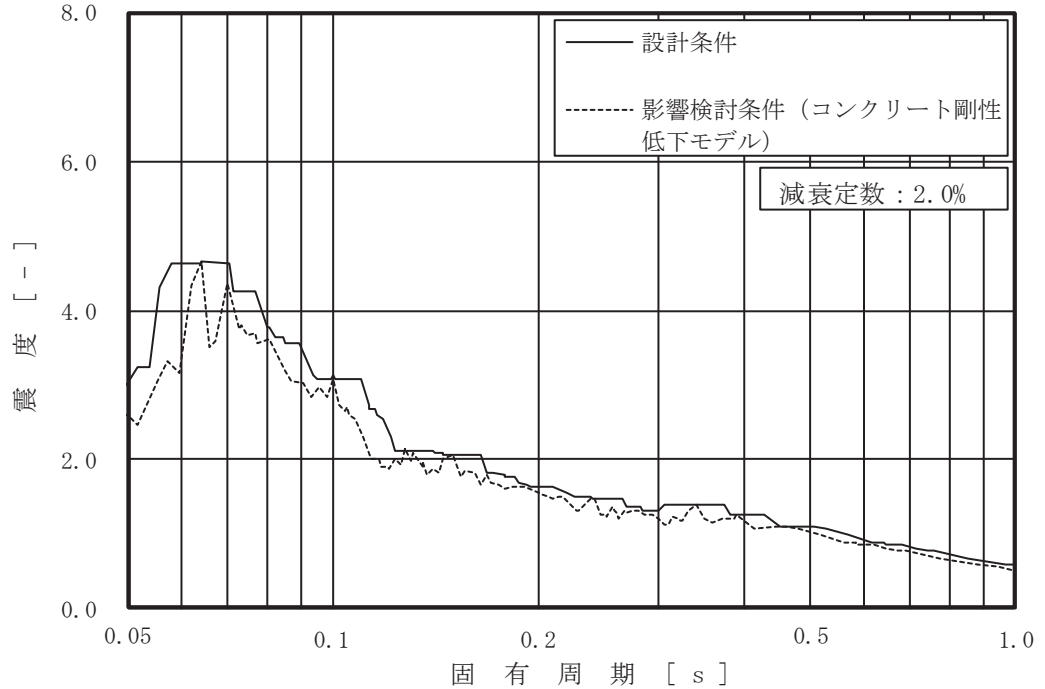


図2 床応答スペクトルの比較 (33/63)

(軽油タンク室 (ポンプ室) O.P. 14.800m , 鉛直, 減衰 2%)

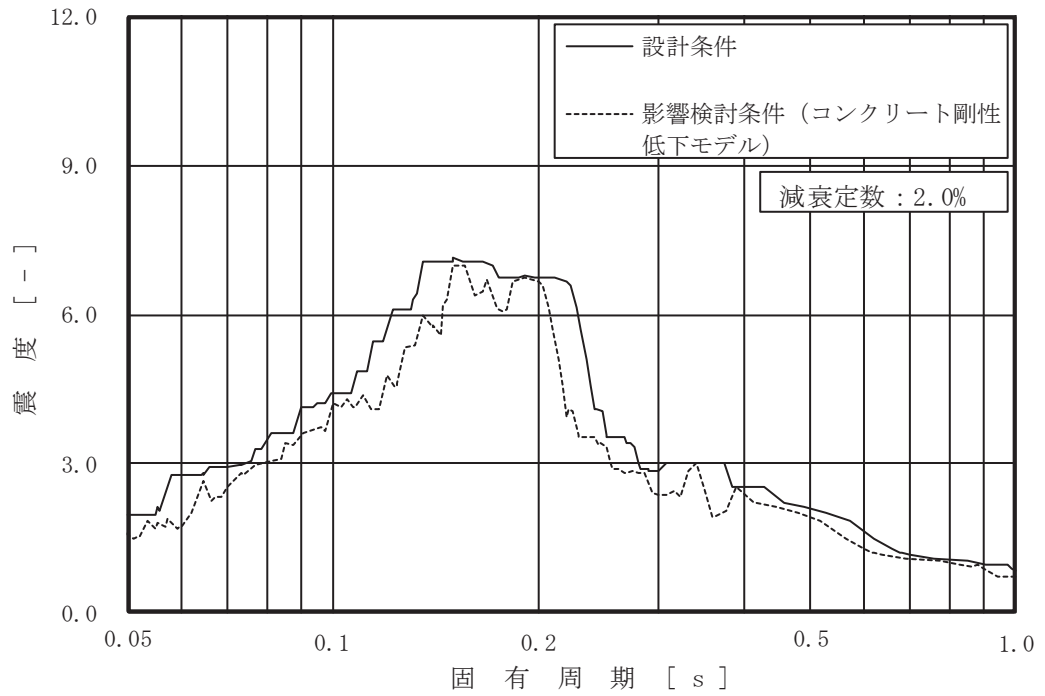


図2 床応答スペクトルの比較 (34/63)

(軽油タンク室 (ポンプ室) 0.P.9.500m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%)

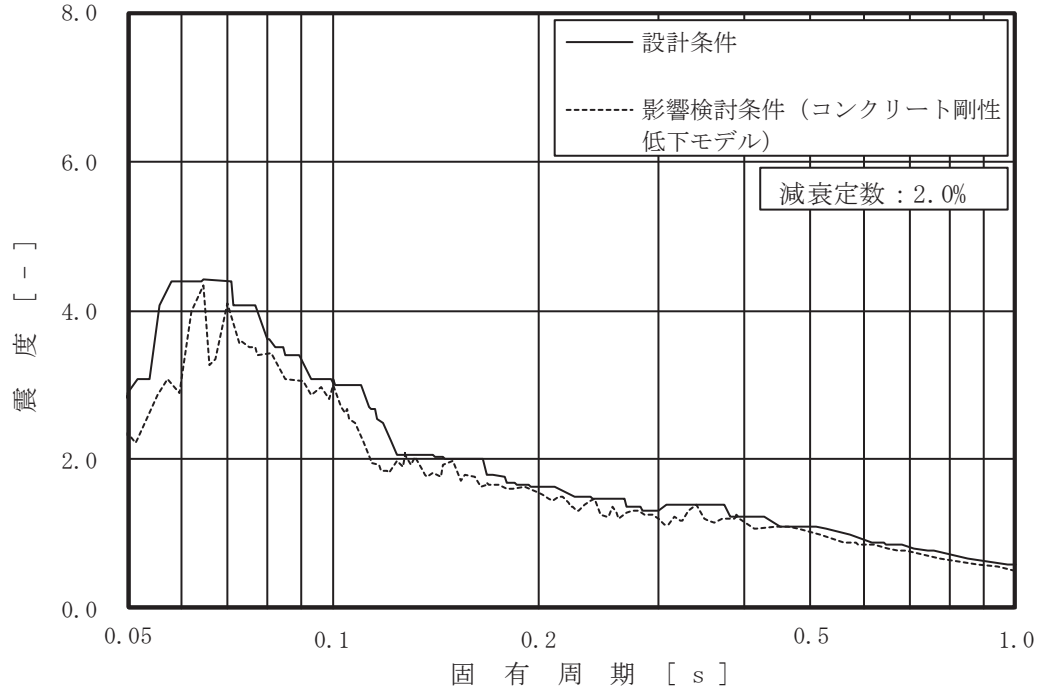


図2 床応答スペクトルの比較 (35/63)

(軽油タンク室 (ポンプ室) 0.P.9.500m , 鉛直, 減衰 2%)

(d) 軽油タンク室(H)

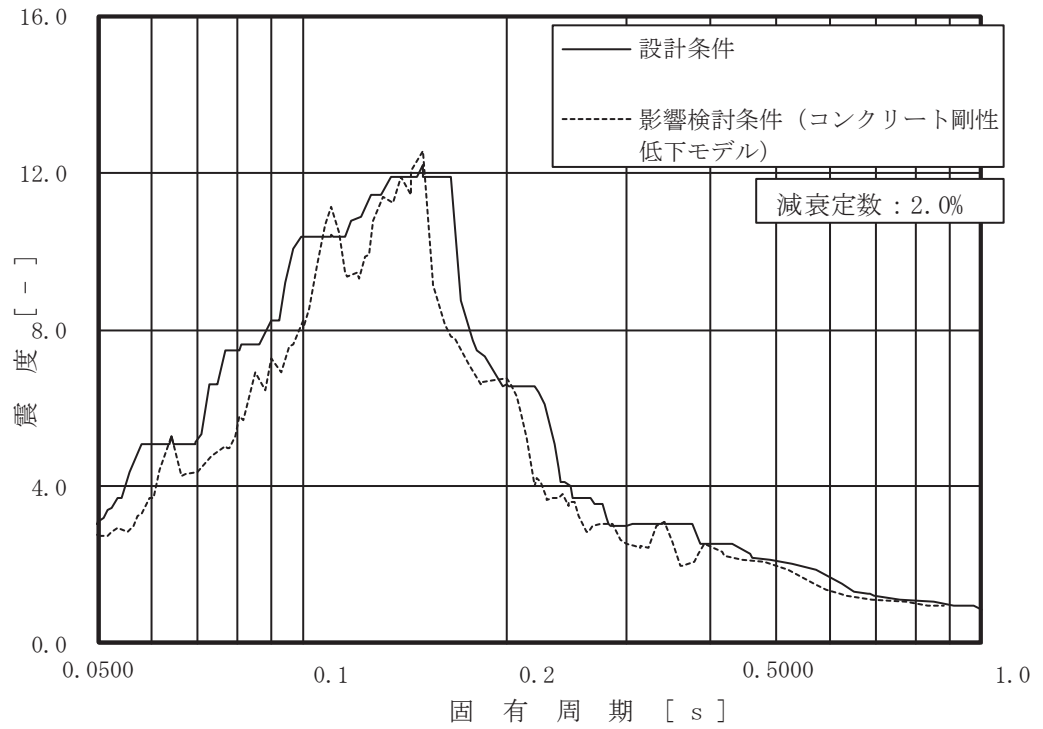


図2 床応答スペクトルの比較 (36/63)

(軽油タンク室(H) O.P.14.800m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰2%)

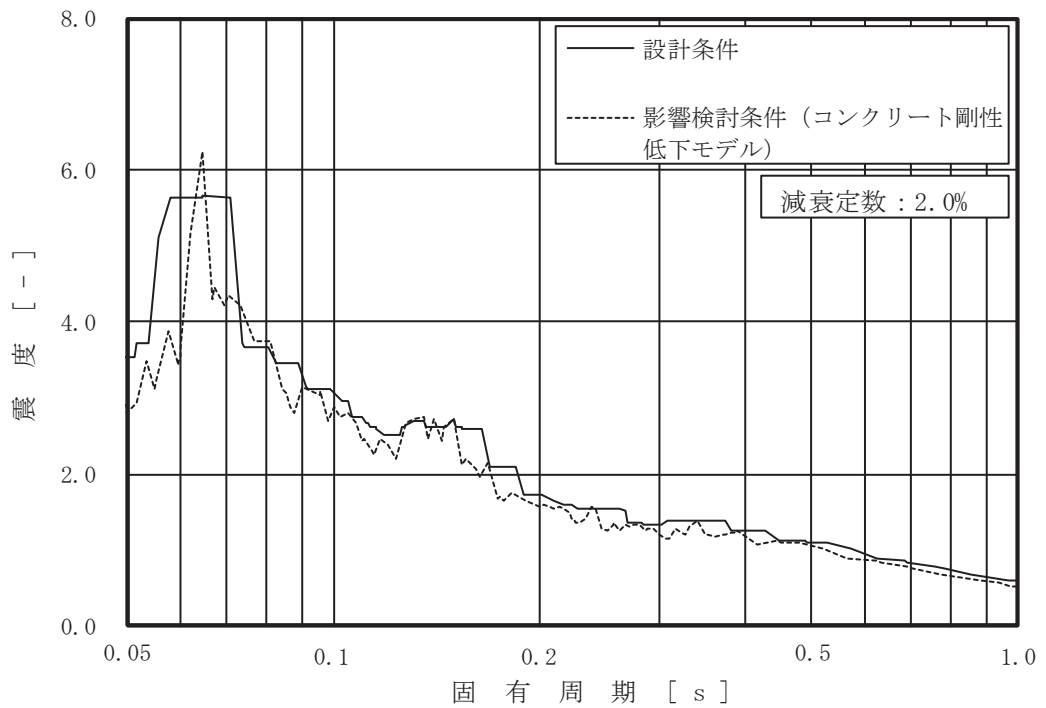


図2 床応答スペクトルの比較 (37/63)

(軽油タンク室(H) O.P.14.800m , 鉛直, 減衰2%)

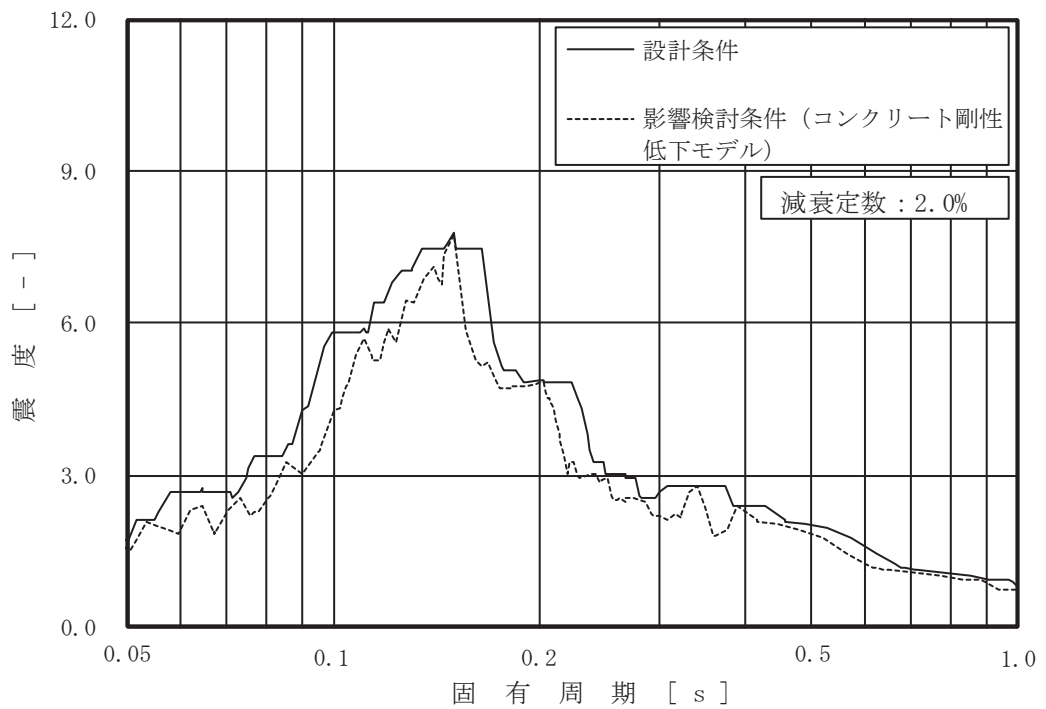


図2 床応答スペクトルの比較 (38/63)

(軽油タンク室 (H) 0.P. 6.400m , 水平 (NS, EW 包絡), 減衰 2%)

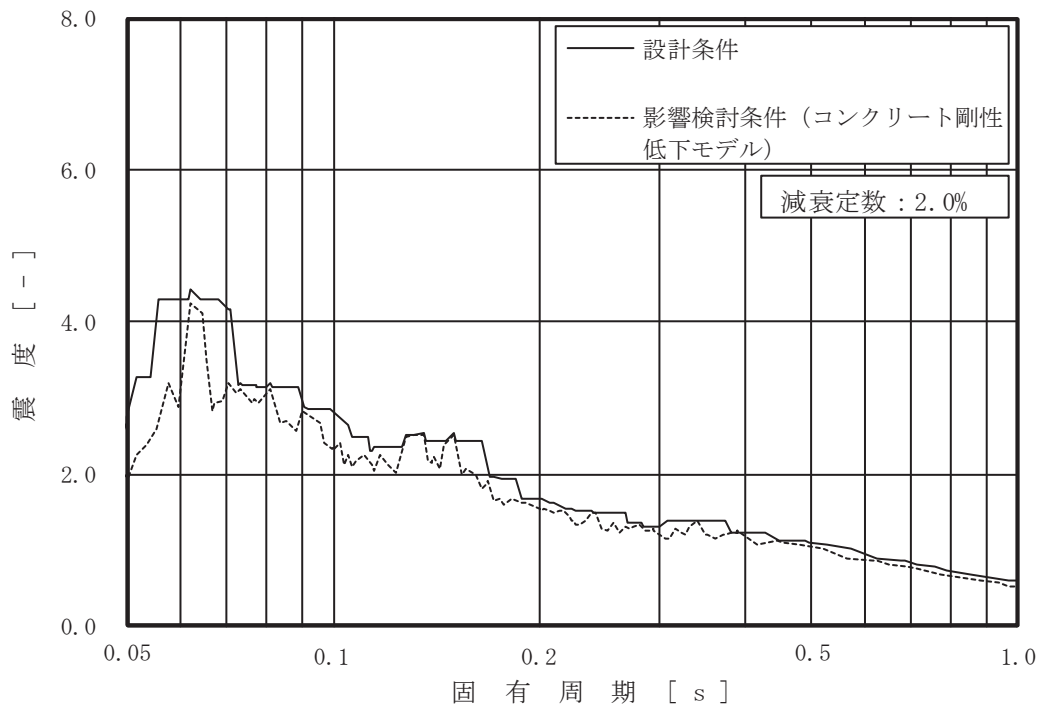


図2 床応答スペクトルの比較 (39/63)

(軽油タンク室 (H) 0.P. 6.400m , 鉛直, 減衰 2%)

(e) ガスタービン発電設備軽油タンク室

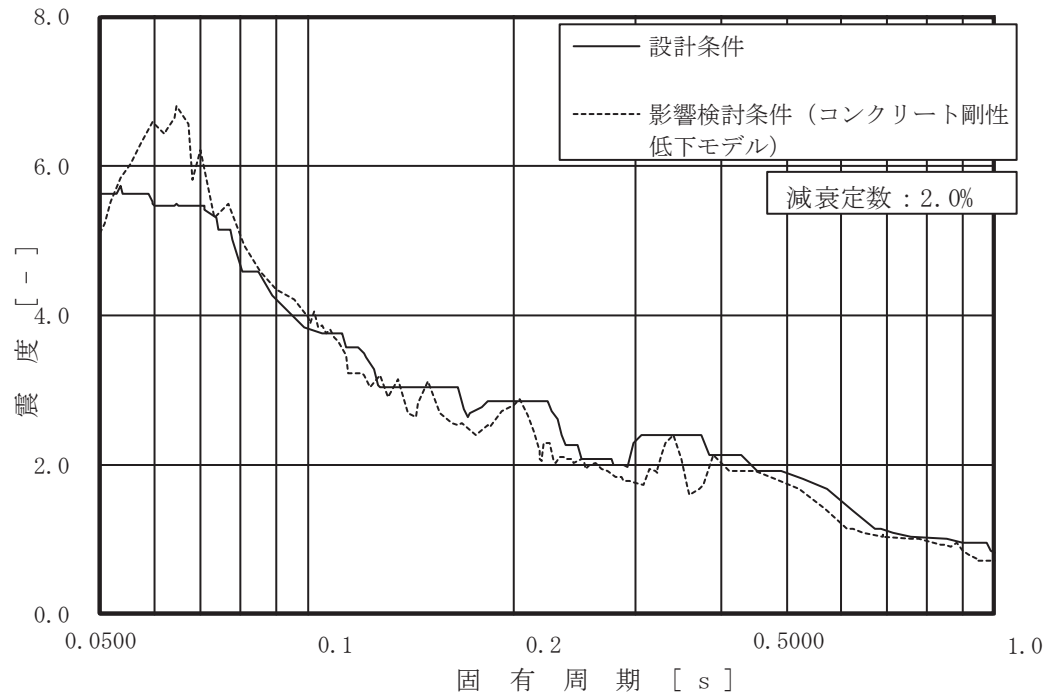


図2 床応答スペクトルの比較 (40/63)

(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), 減衰 2%)

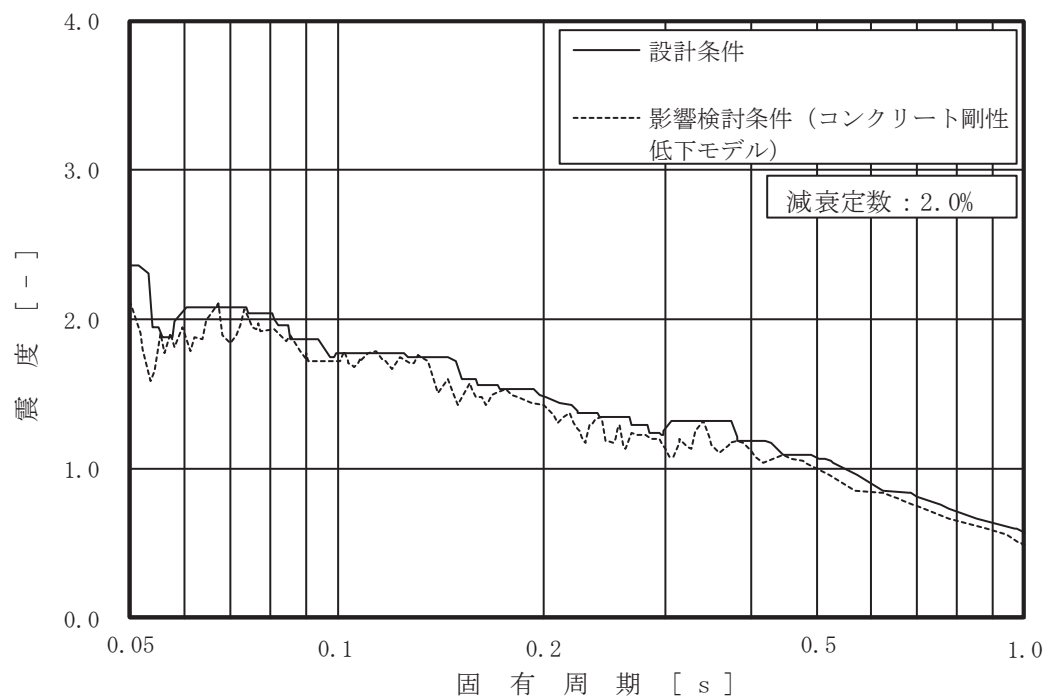


図2 床応答スペクトルの比較 (41/63)

(ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.62.30m , 鉛直, 減衰 2%)

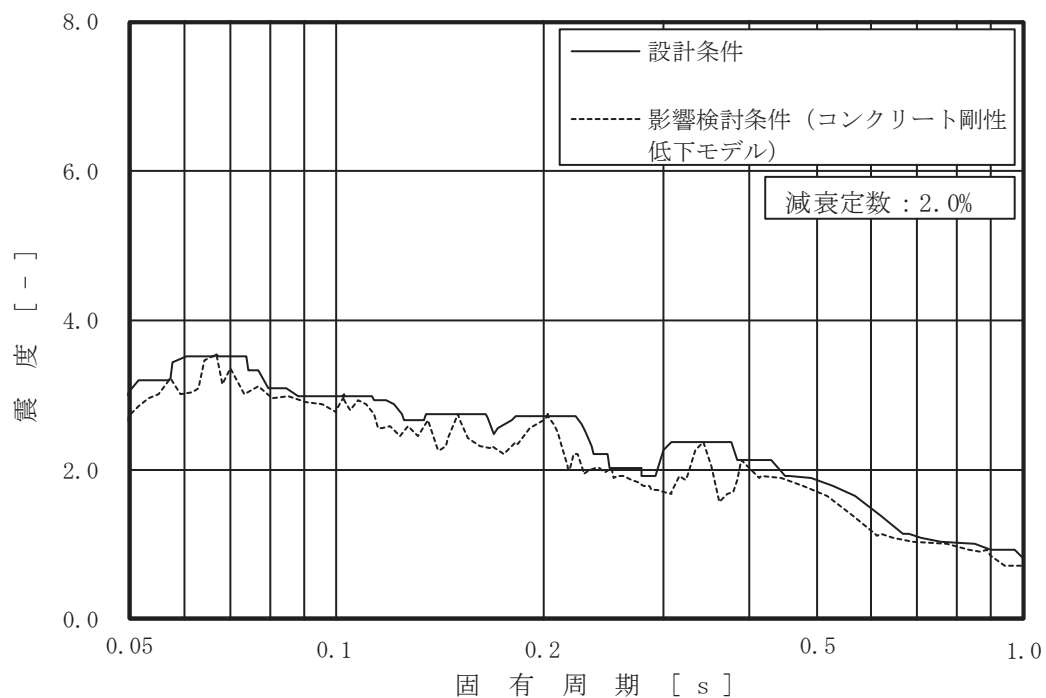


図2 床応答スペクトルの比較 (42/63)

(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), 減衰 2%)

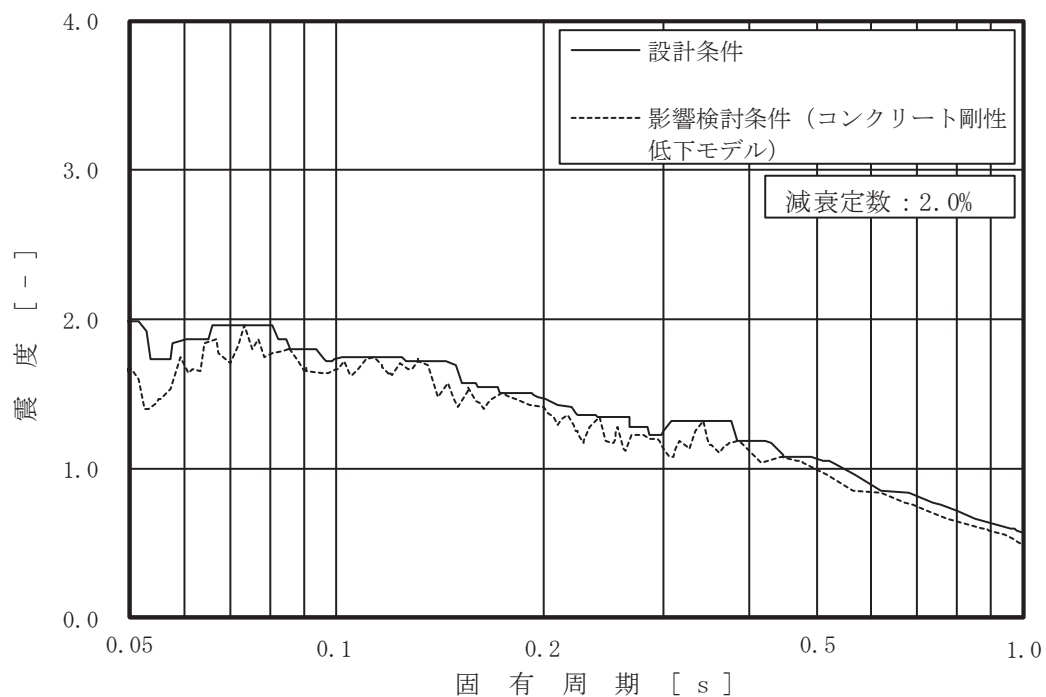


図2 床応答スペクトルの比較 (43/63)

(ガスタービン発電設備軽油タンク室 0.P.56.70m , 鉛直, 減衰 2%)

(f) 軽油タンク連絡ダクト

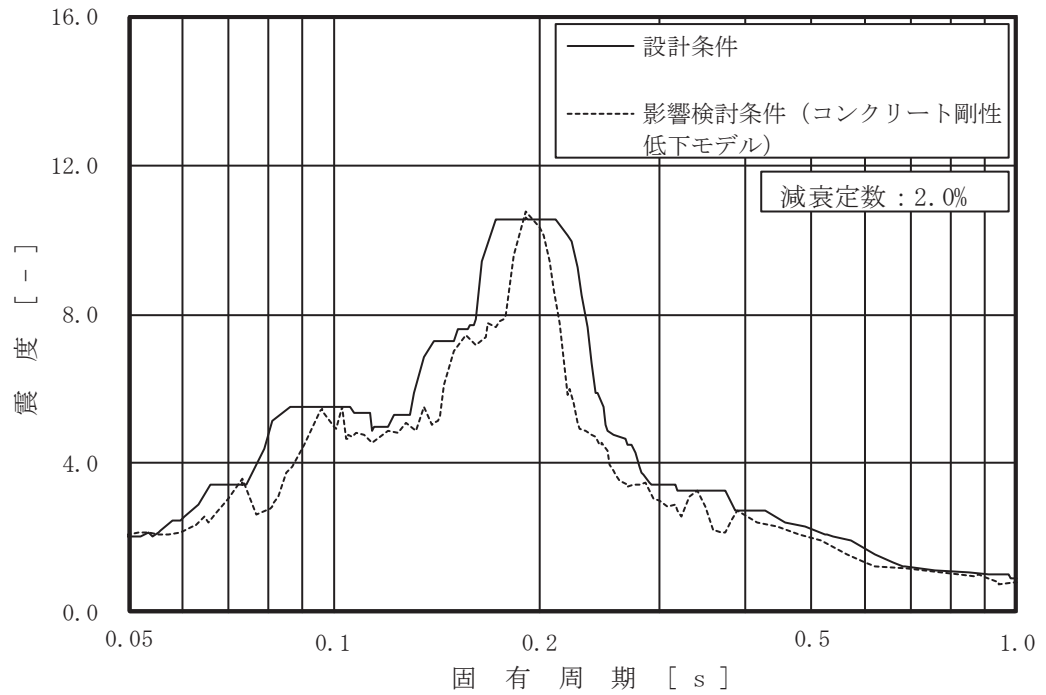


図2 床応答スペクトルの比較 (44/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P.12.10m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

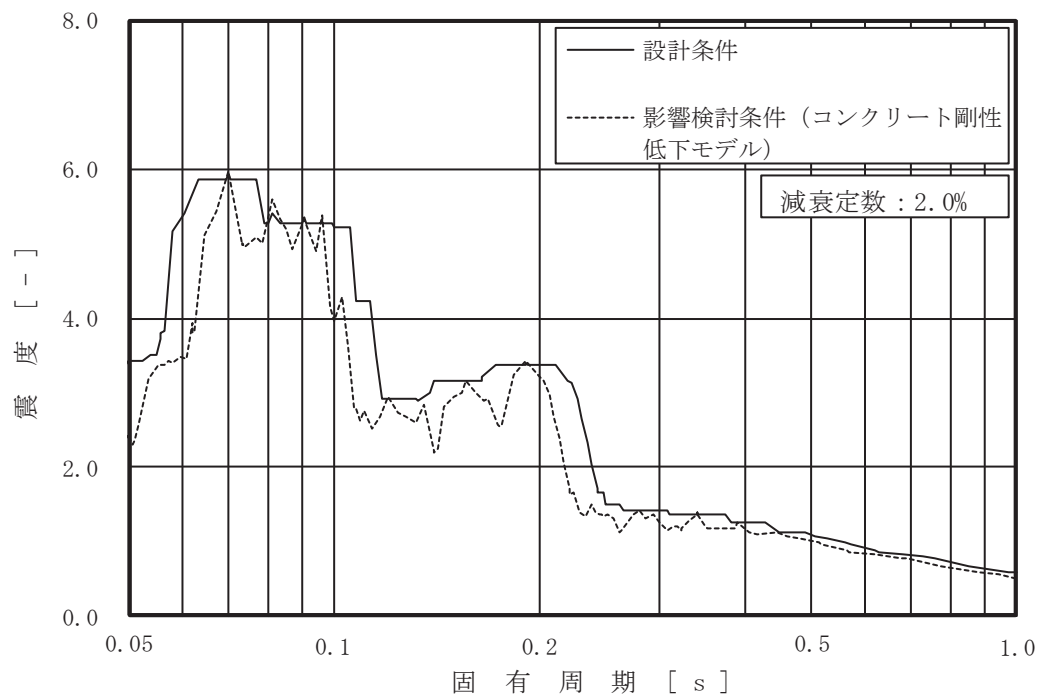


図2 床応答スペクトルの比較 (45/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P.12.10m , 鉛直, 減衰 2.0%)

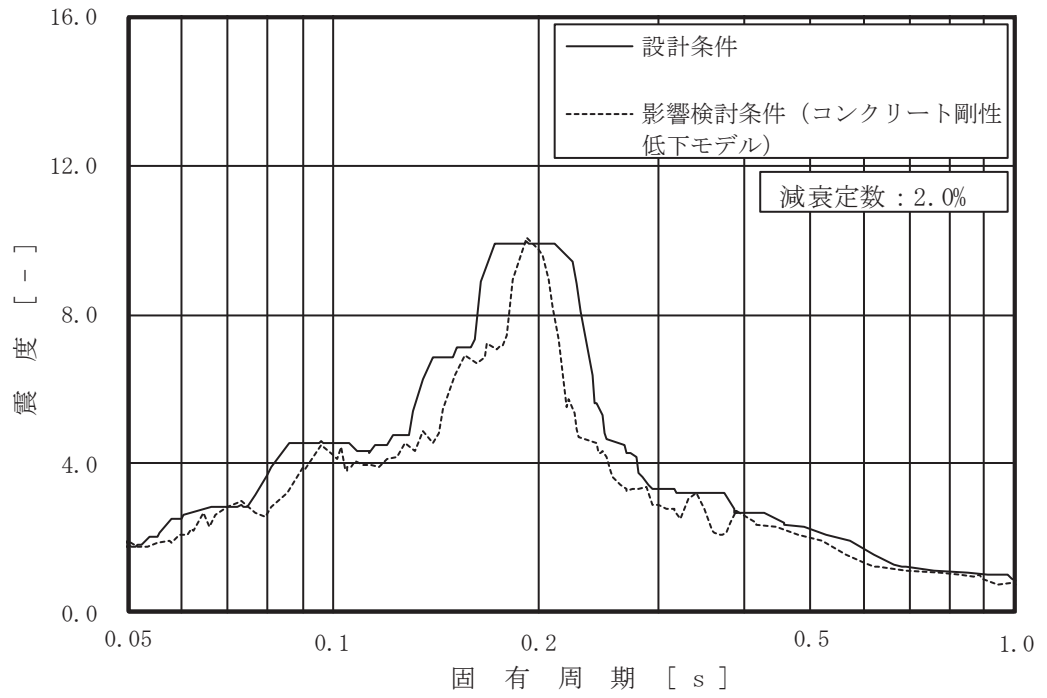


図2 床応答スペクトルの比較 (46/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P.10.50m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

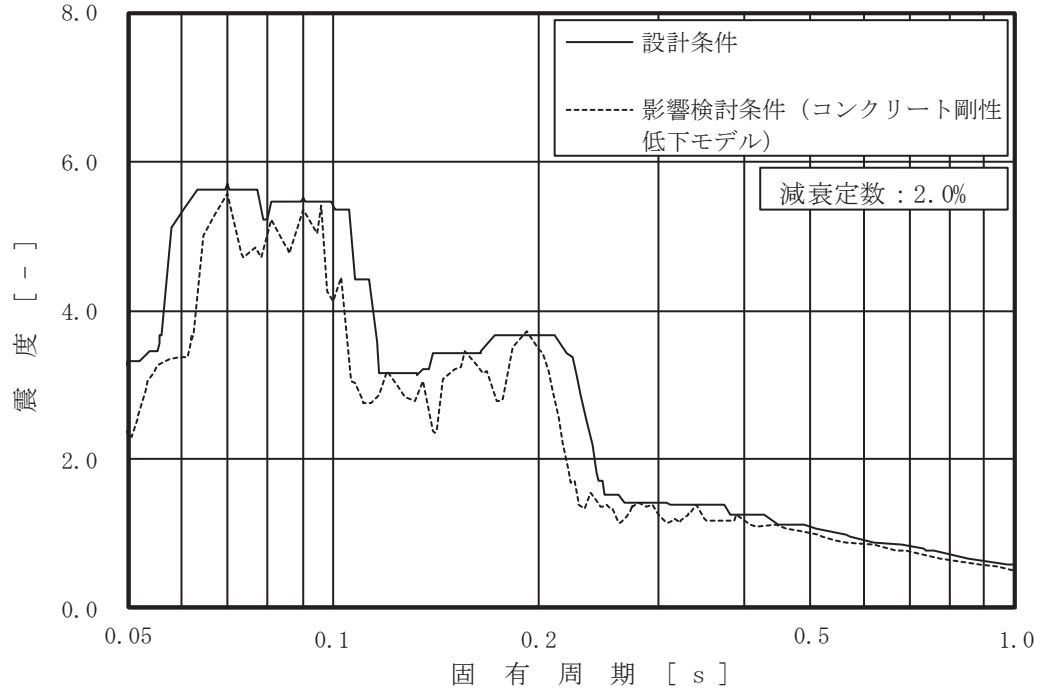


図2 床応答スペクトルの比較 (47/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P.10.50m , 鉛直, 減衰 2.0%)

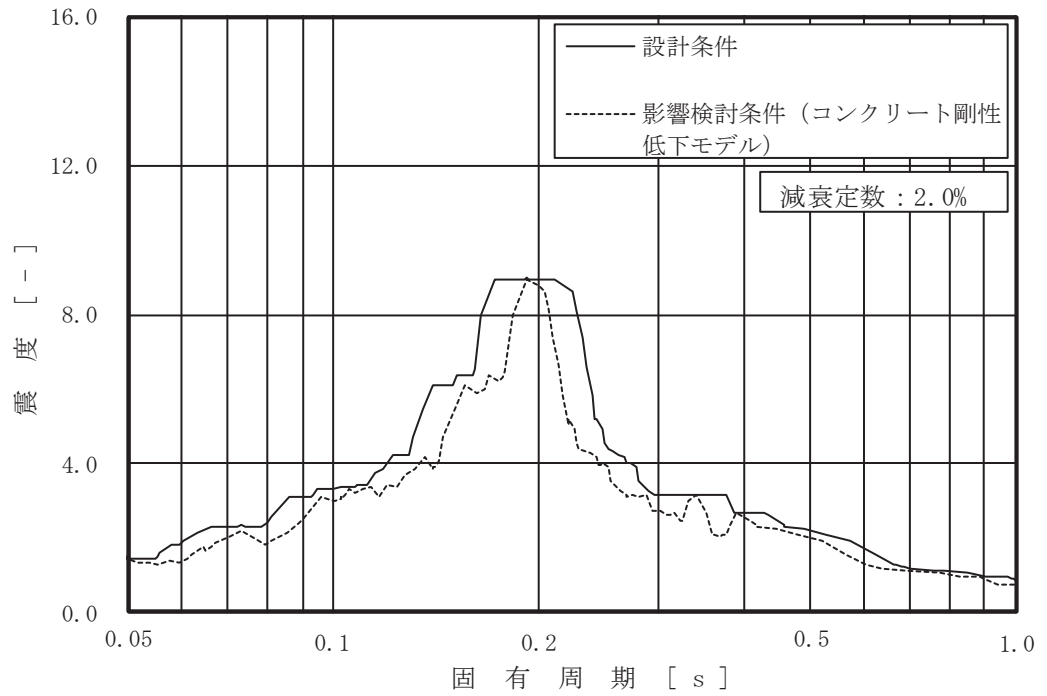


図2 床応答スペクトルの比較 (48/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P. 9.50m , 水平 (NS, EW 包絡), 減衰 2.0%)

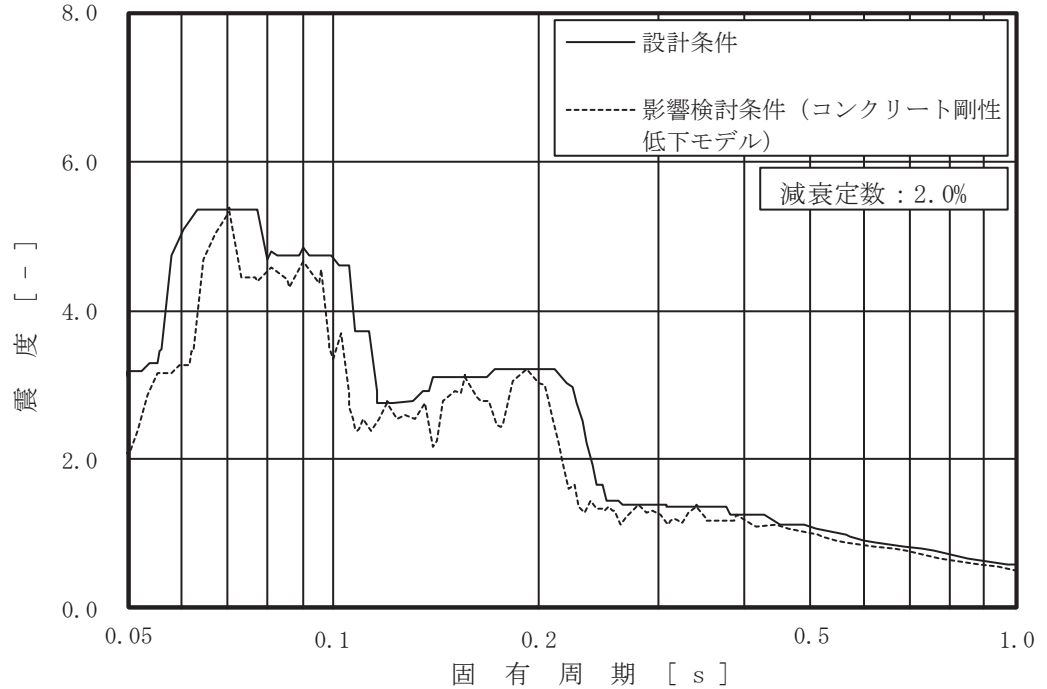


図2 床応答スペクトルの比較 (49/63)

(軽油タンク連絡ダクト 0.P. 9.50m , 鉛直, 減衰 2.0%)

(g) 排気筒基礎

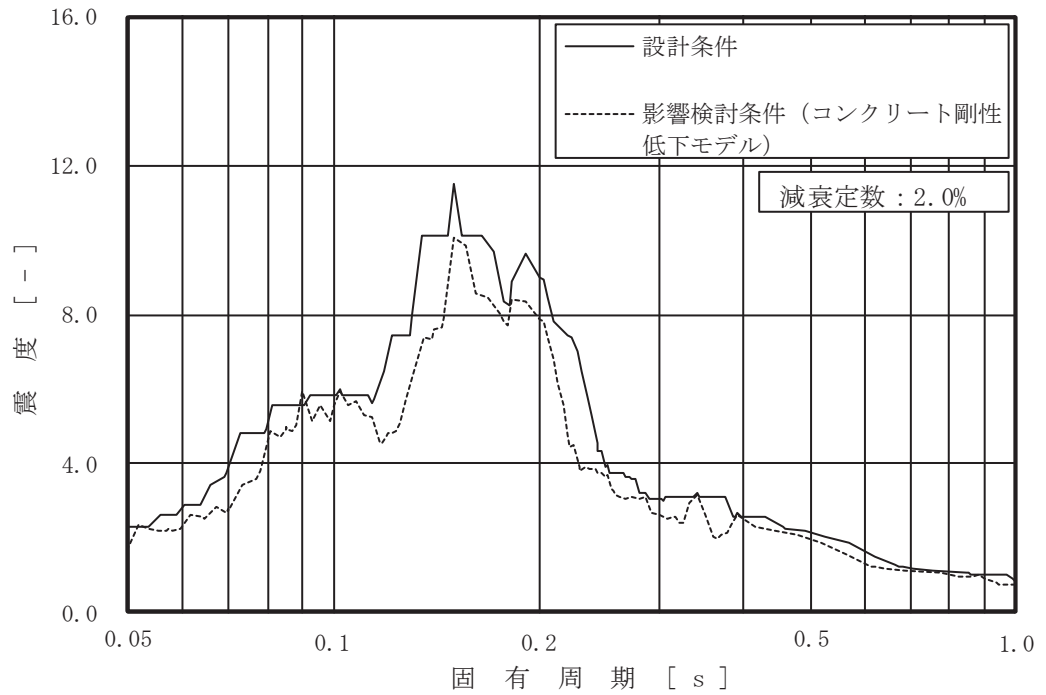


図2 床応答スペクトルの比較 (50/63)

(排気筒基礎 0.P. 14.80m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

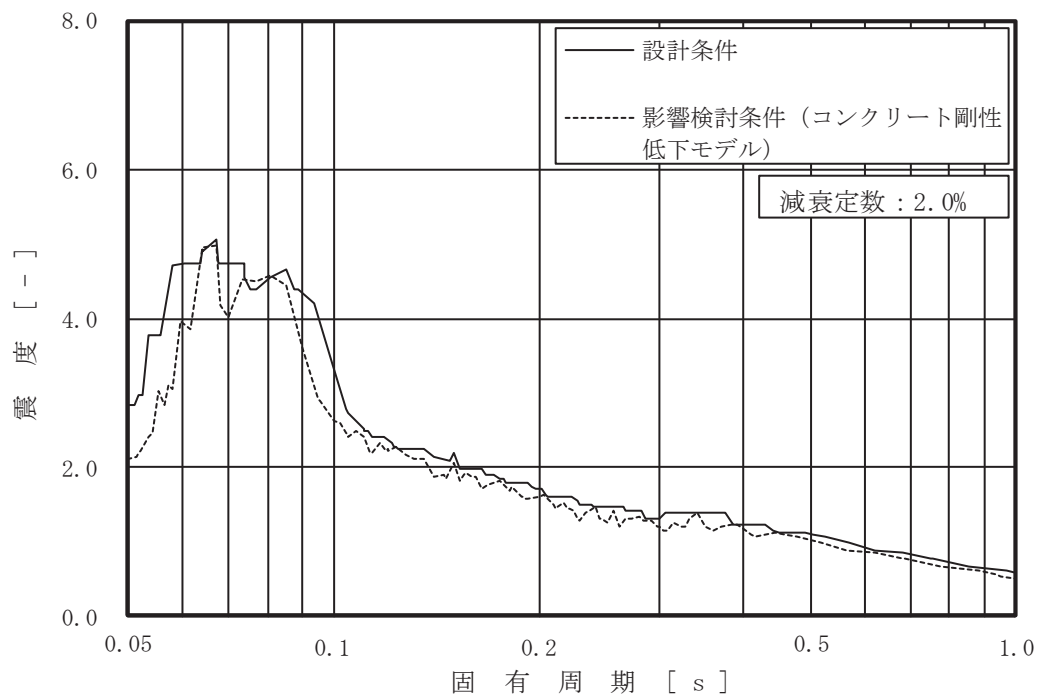


図2 床応答スペクトルの比較 (51/63)

(排気筒基礎 0.P. 14.80m , 鉛直, 減衰 2.0%)

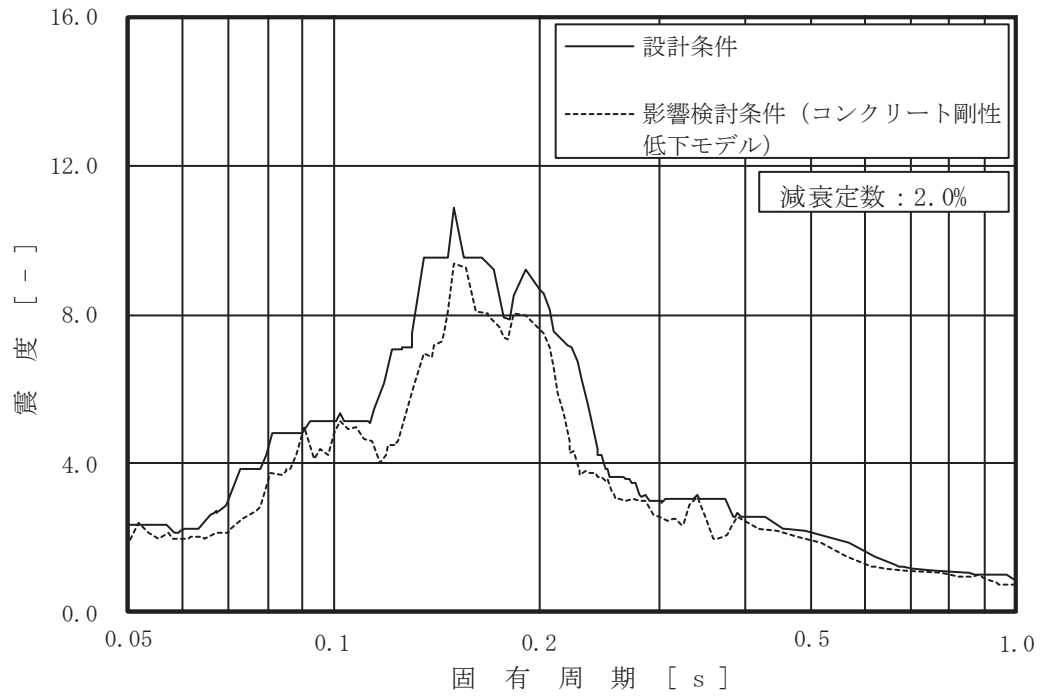


図2 床応答スペクトルの比較 (52/63)

(排気筒基礎 0.P.10.41m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

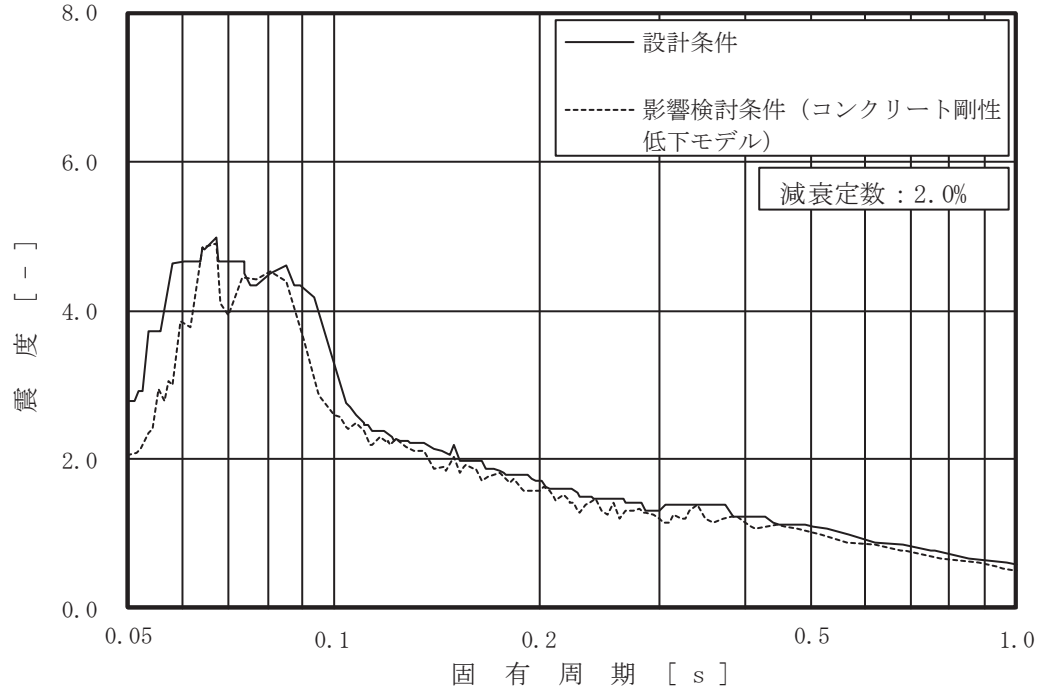


図2 床応答スペクトルの比較 (53/63)

(排気筒基礎 0.P.10.41m , 鉛直, 減衰 2.0%)

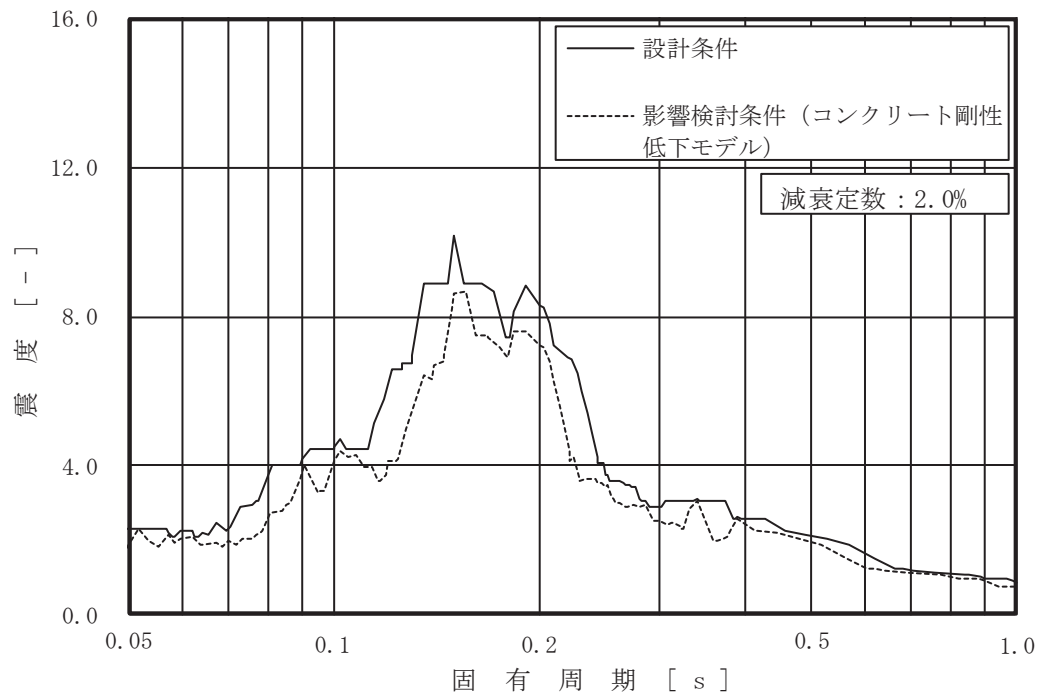


図2 床応答スペクトルの比較 (54/63)
 (排気筒基礎 0.P.6.60m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

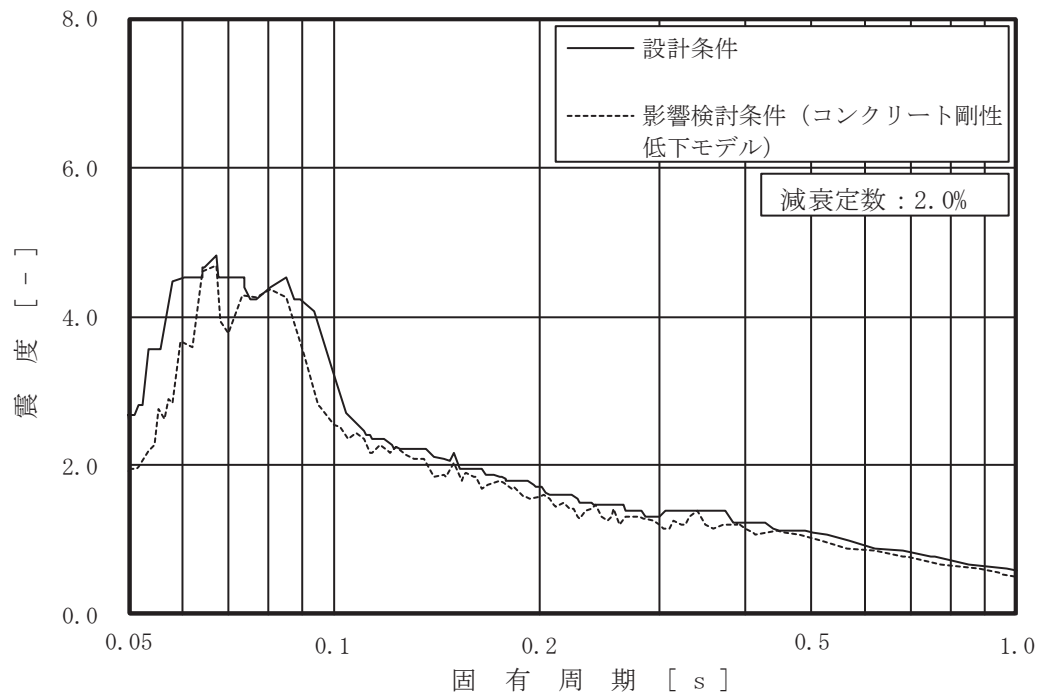


図2 床応答スペクトルの比較 (55/63)
 (排気筒基礎 0.P.6.60m , 鉛直, 減衰 2.0%)

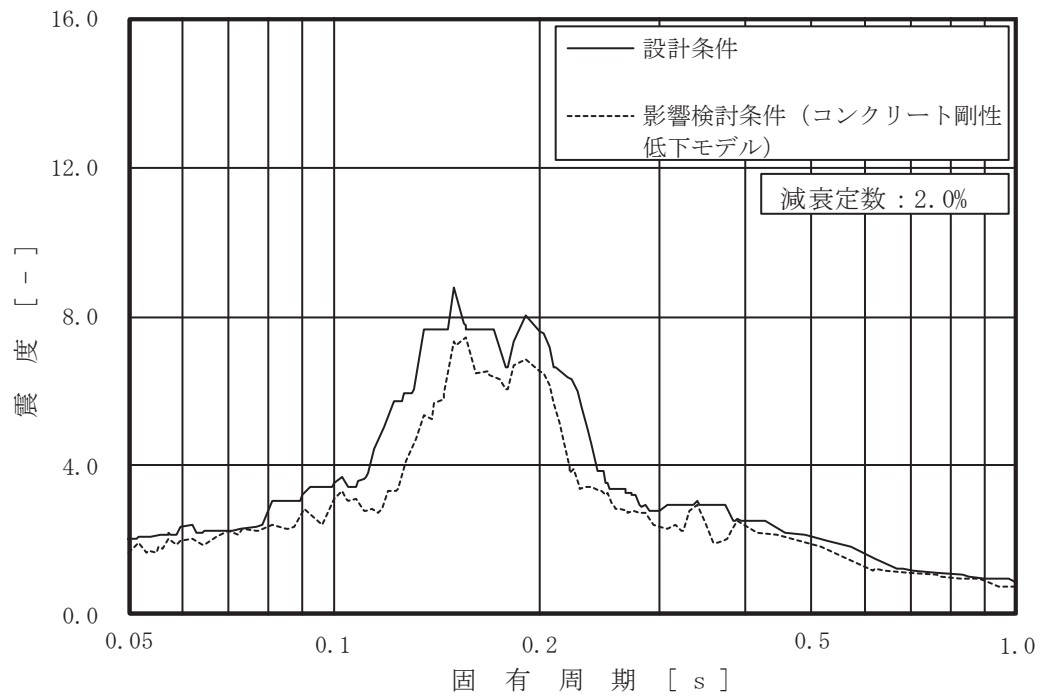


図2 床応答スペクトルの比較 (56/63)
 (排気筒基礎 0.P.1.00m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

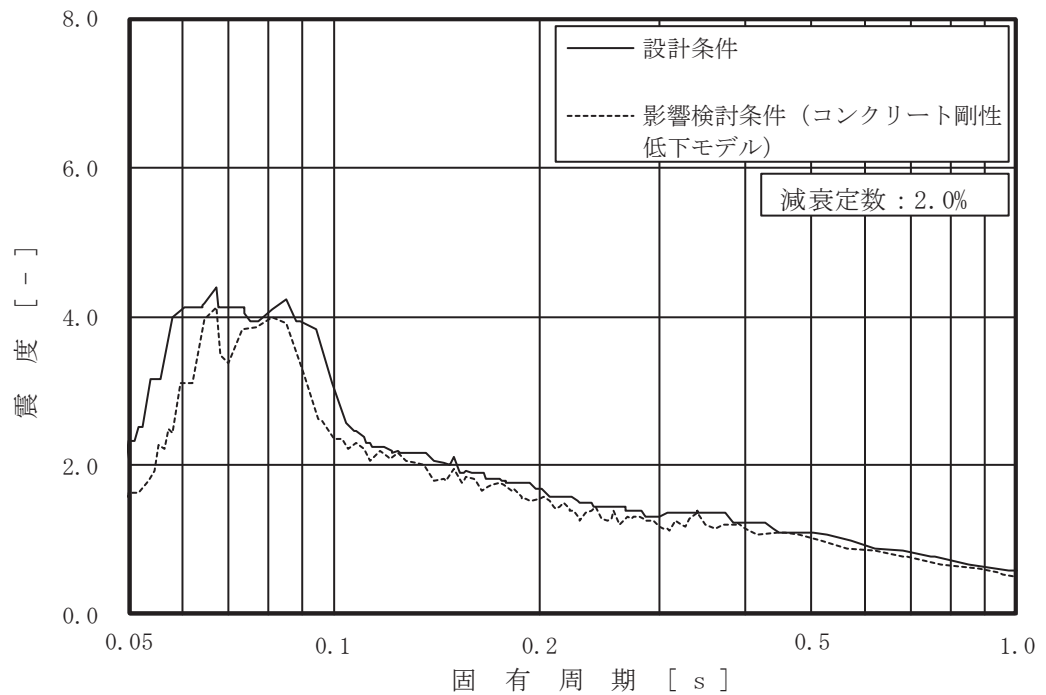


図2 床応答スペクトルの比較 (57/63)
 (排気筒基礎 0.P.1.00m , 鉛直, 減衰 2.0%)

(h) 排気筒連絡ダクト

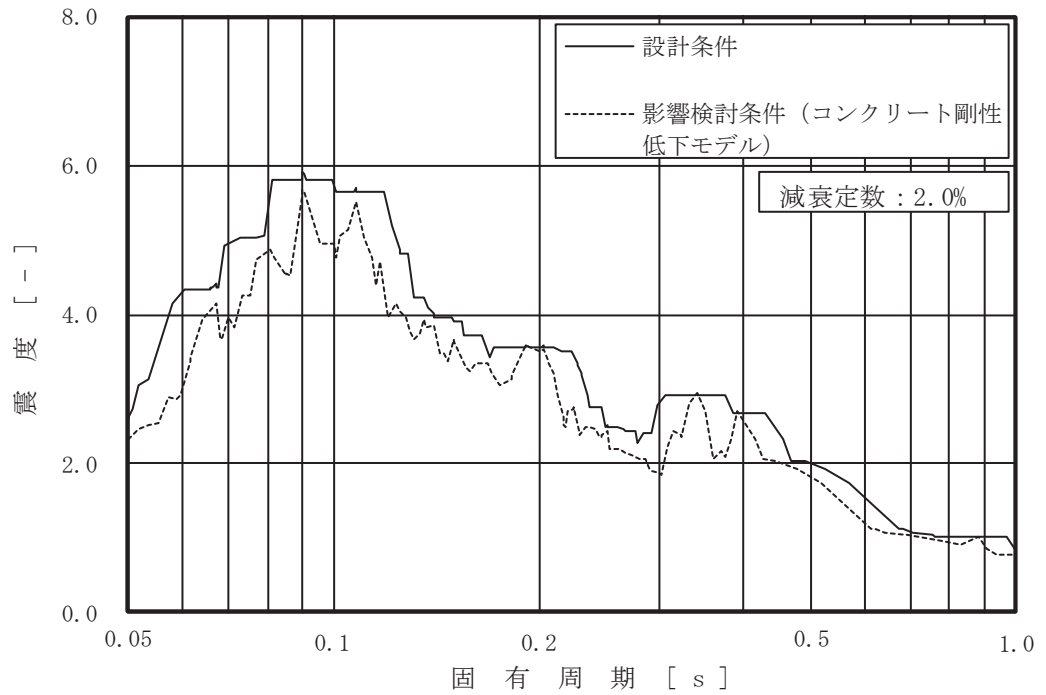


図2 床応答スペクトルの比較 (58/63)
 (排気筒連絡ダクト 上床板 , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

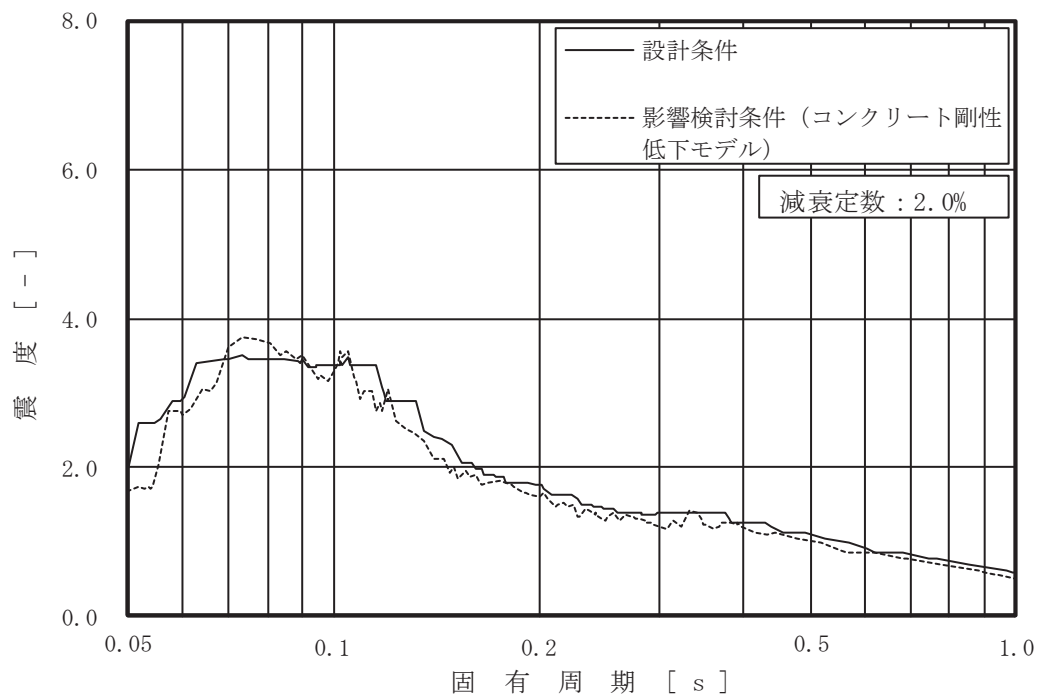


図2 床応答スペクトルの比較 (59/63)
 (排気筒連絡ダクト 上床板 , 鉛直, 減衰 2.0%)

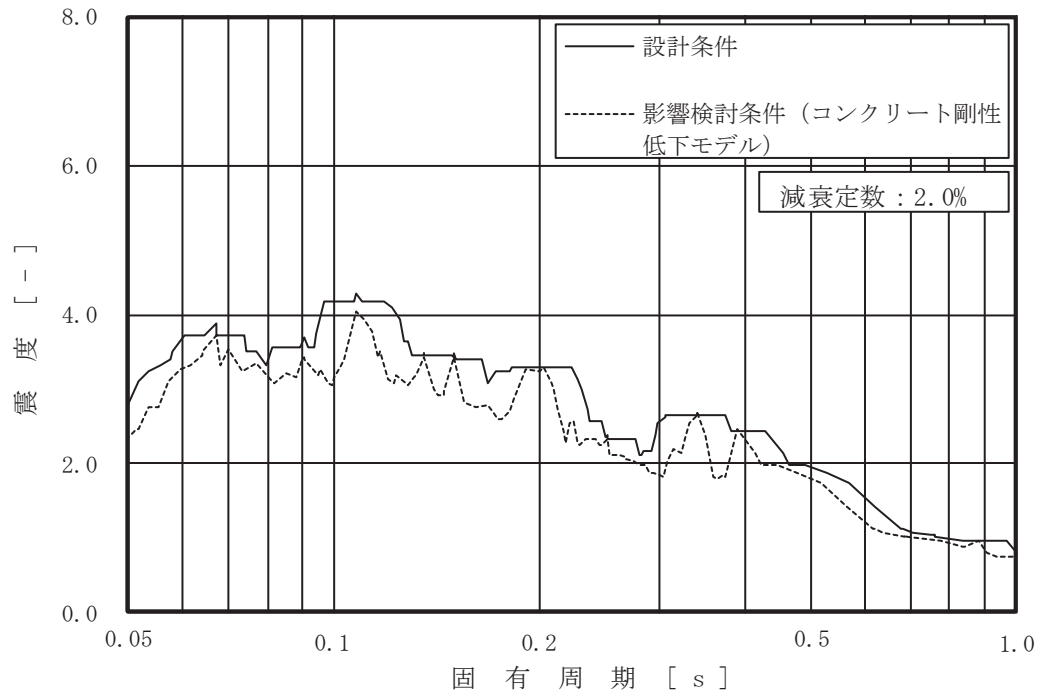


図2 床応答スペクトルの比較 (60/63)
 (排気筒連絡ダクト 中間点 , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

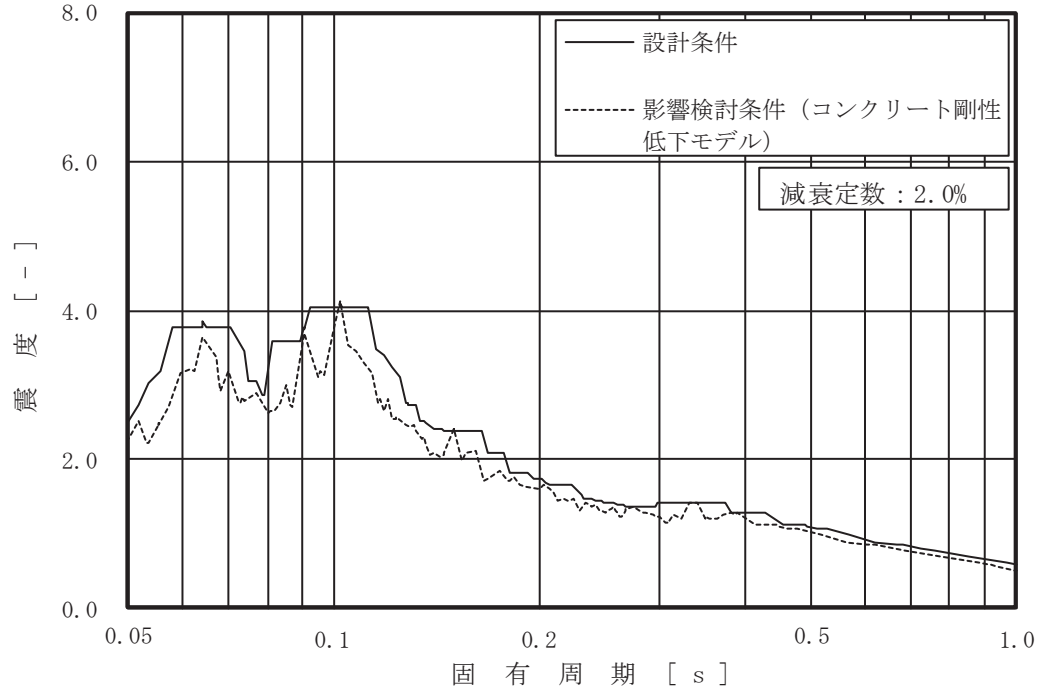


図2 床応答スペクトルの比較 (61/63)
 (排気筒連絡ダクト 中間点 , 鉛直, 減衰 2.0%)

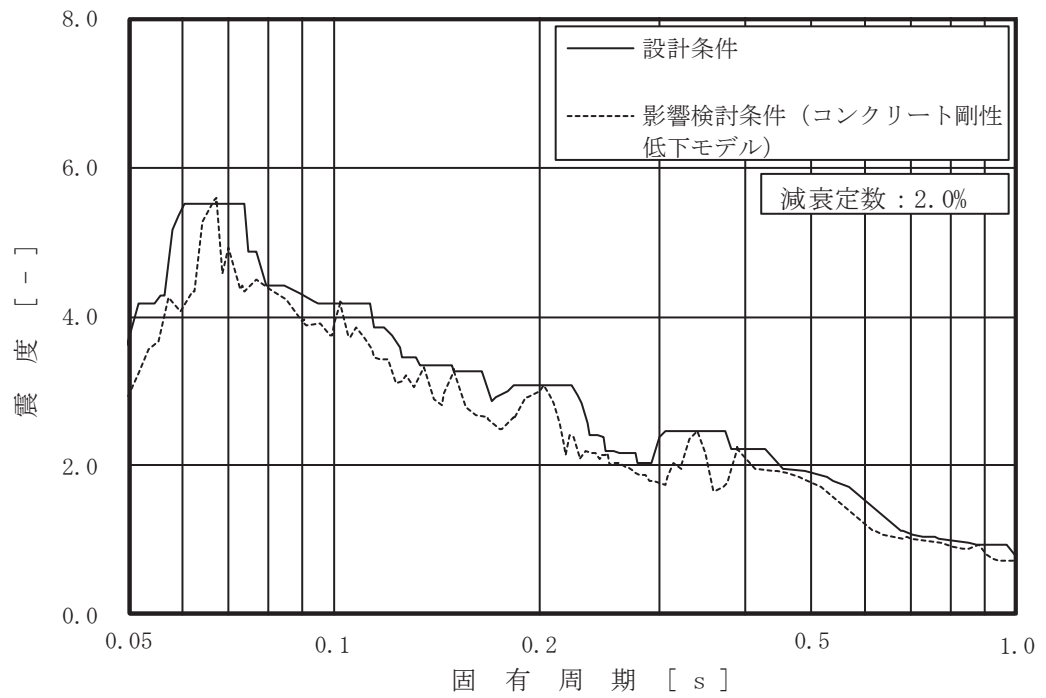


図2 床応答スペクトルの比較 (62/63)

(排気筒連絡ダクト 底板 , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2.0%)

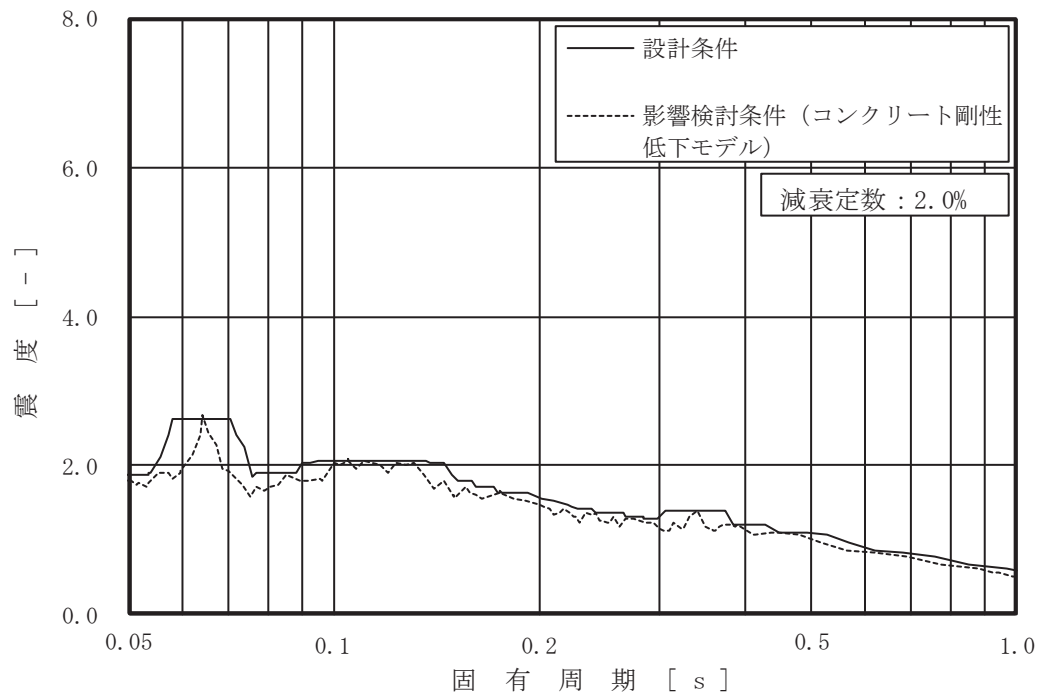


図2 床応答スペクトルの比較 (63/63)

(排気筒連絡ダクト 底板 , 鉛直, 減衰 2.0%)

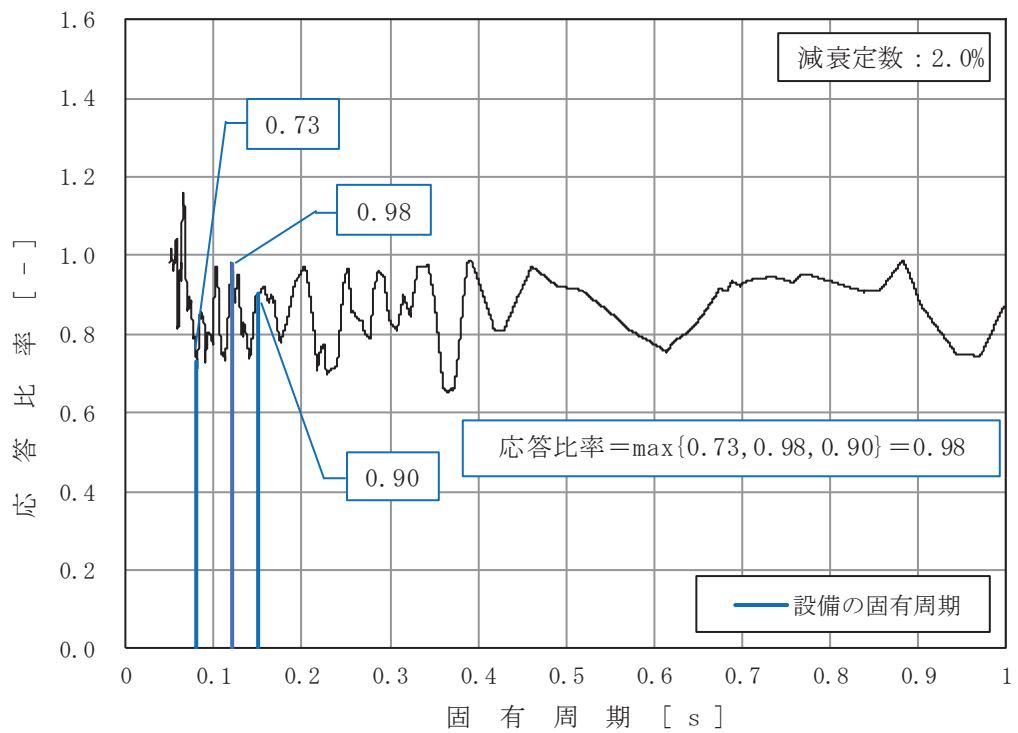


図3 床応答スペクトルにおける応答比率の算定例
 (海水ポンプ室 O.P. -9.800m , 水平 (NS,EW 包絡), 減衰 2%,
 固有周期 : 0.08s, 0.12s, 0.15s)

(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・配管系への影響確認は、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、その影響について確認した。

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の比較を表 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・配管系への影響確認は床応答曲線及び最大応答加速度を用いて実施する。

a. 海水ポンプ室－原子炉建屋間

表 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 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 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

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b. 軽油タンク連絡ダクトー原子炉建屋間

表 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

表 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	
				0.0

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、詳細評価が必要となった機器・配管系の簡易評価結果を表 12 に、詳細評価結果を表 13 に示す。

表 12 簡易評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	耐震評価計算書			応答比率	確認結果
			計算応力 (MPa)	許容応力 (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	1.35	×
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	1.38	×
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	×
燃料移送系配管 (DGD0-B008)	配管本体	一次+二次応力	439	398	0.9	1.06	×
		疲労	0.4004	1	-		
燃料移送系配管 (DGD0-H006)	配管本体	一次+二次応力	380	398	1.04	1.05	×

表 13 詳細評価結果

設備名称	評価部位	応力分類	詳細評価条件		影響検討条件を用いた評価		確認結果
			最大応答加速度 (1.2ZPA)	床応答曲線	計算応力 (MPa)	許容応力 (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					追而
原子炉補機冷却海水系配管 (RSW-012)	配管本体	一次+二次応力					
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					
燃料移送系配管 (DGD0-B008)	配管本体	一次+二次応力					
		疲労					
燃料移送系配管 (DGD0-H006)	配管本体	一次+二次応力					