

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 08 <u>R16</u>
提出年月日	令和 5 年 <u>3 月 16 日</u>

設工認に係る補足説明資料

耐震設計の基本方針に関する

地震応答解析における地盤モデル及び

物性値の設定について

1. 文章中の下線部は R15 から R16 への変更箇所を示す。
2. 本資料 (R16) は令和 5 年 1 月 13 日に提示した「耐震設計の基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について (R15)」に対し、2 月 21 日第 473 回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合における指摘事項を踏まえた、地盤モデルに設定する各因子による影響分析に係る状況を、別紙 2 として追加したものである。本資料の別紙 2 以外の部分については、現時点において改訂は無いことから、本版においては省略する。

別紙

設工認に係る補足説明資料 別紙リスト

令和5年3月16日 R5

耐震建物 08 【地震応答解析に用いる地盤モデル及び物性値の設定について】

別紙				備考
資料 No.	名称	提出日	Rev	
別紙 1	建物・構築物の入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定			-
別紙 1-1	燃料加工建屋の地盤モデルの設定	2022/9/16	3	Rev3 から変更なしのため省略
別紙 1-2	安全冷却水 B 冷却塔の地盤モデルの設定	2022/9/16	2	Rev2 から変更なしのため省略
別紙 1-3	再処理事業所における地盤モデルの設定	2023/1/13	0	Rev0 から変更なしのため省略
別紙 2	地盤モデルに設定する因子に係る感度分析	2023/3/16	0	新規追加

別紙 2

地盤モデルに設定する因子に係る感度分析

- ・ 本版（R0）は、現時点における検討状況として、敷地内の近接建屋のグルーピングのうち4グループを対象に、入力地震動の算定に影響を与える因子に対する感度分析結果を示す資料として、新規に作成したもの。
- ・ 他グループにおける感度分析結果については、今後検討実施次第追記する。
- ・ また、岩盤部分及び表層地盤部分の感度分析結果を踏まえた考察等についても、今後検討実施次第追記する。

目 次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-1
2. 検討内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-1
3. 影響因子の抽出及び感度分析方針・・・・・・・・ 別紙 2-4
 - 3.1 岩盤部分・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-4
 - 3.2 表層地盤部分・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-4
4. 感度分析結果・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-6
 - 4.1 岩盤部分の地盤物性による感度分析・・・・・・・・ 別紙 2-9
 - 4.2 表層地盤部分の地盤物性による感度分析結果・・・・・・・・ 別紙 2-30
 - 4.3 岩盤部分の非線形性による感度分析結果・・・・・・・・ 別紙 2-16
 - 4.4 岩盤部分の減衰定数の設定による感度分析結果・・・・・・・・ 別紙 2-23
5. 各感度分析結果に対する考察・・・・・・・・ 別紙 2-37
6. 各因子に対する分析・検討・・・・・・・・ 別紙 2-37
7. まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 2-37

1. 概要

本別紙は、「別紙 1-3 再処理事業所における地盤モデルの設定」において設定している「1次元地盤モデル（中央地盤モデル，西側地盤モデル，東側地盤モデル）」の確認にあたり，各建物・構築物の直下または近傍のボーリング調査データに基づき，各建物・構築物ごとに地盤モデル（以下，「直下地盤モデル」という。）を設定する場合における，地盤モデルの各設定因子が入力地震動に与える影響についての検討結果を示すものである。

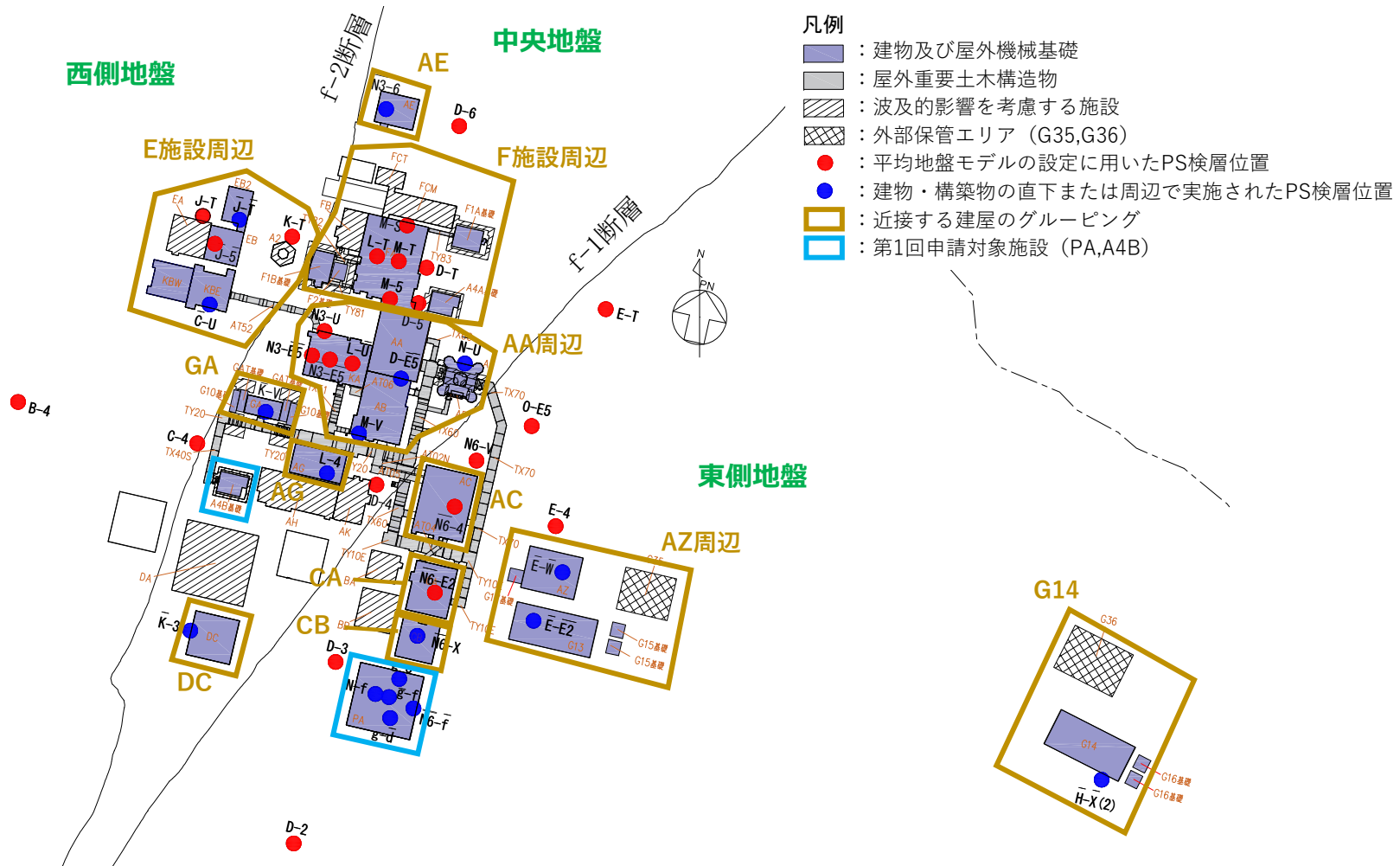
2. 検討内容

本検討においては，まず，入力地震動に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出する。

次に，上記において抽出された因子に対し，設定値を変動させた場合の入力地震動（各建物・構築物の基礎底面レベルにおける地盤応答）を算定し，入力地震動に与える感度を分析する。

分析結果により，入力地震動に影響を与えると考えられる因子については，別途，敷地における入力地震動の算定において設定すべき適切な値についての検討を実施する。

本検討においては，第 2-1 図に示す近接する建物・構築物のグルーピングのうち，各グループごとに代表的な建物の基礎底面レベルにおける地盤応答に着目した分析を行うこととし，第 2-1 表に示すとおり選定した。



第 2-1 図 近接する建屋のグルーピング

別紙 2-2

第 2-1 表 検討対象グループ

検討対象グループ (第 2-1 図)	基礎底面レベルを参照する建屋
AA 周辺	分離建屋
F 施設周辺	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋
AE	ハル・エンドピース貯蔵建屋
E 施設周辺	ガラス固化体貯蔵建屋
AC	精製建屋
CB	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋

注) 上記に示す以外のグループについても、今後感度分析の対象として追加する。

3. 影響因子の抽出及び感度分析方針

岩盤部分における影響因子については、以下及び第 3-1 表に示すとおり、地盤物性、非線形性及び減衰定数を感度分析の対象として抽出した。

3.1 岩盤部分

岩盤部分の地盤物性については、「別紙 1-3 再処理事業所における地盤モデルの設定」の「4. 地盤モデルの設定」において、地下構造が類似と認められると判断した中央地盤、西側地盤、東側地盤ごとに PS 検層結果の平均値として設定する場合と、第 2-1 図に示した近接する建物・構築物のグループの直下又は近傍における PS 検層結果に基づいて設定する場合の、地盤応答に与える感度を確認する。

岩盤部分の非線形性については、地盤を線形材料と見なし非線形性を考慮しない場合と、地震動による非線形化を考慮し地盤の剛性低下を考慮する場合の、地盤応答に与える感度を確認する。

岩盤部分の減衰定数については、JEAG4601-2008 において、軟質岩盤地点において、履歴減衰と散乱減衰を考慮した値とされる 3～5%として設定した場合と、履歴減衰のみを考慮した場合の、地盤応答に与える感度を確認する。

3.2 表層地盤部分

表層地盤部分の地盤物性については、「別紙 1-3 再処理事業所における地盤モデルの設定」において、敷地内の埋戻し土のボーリング調査結果に基づく剛性の平均値として設定する場合と、第 2-1 図に示した近接する建物・構築物のグループの直下又は近傍における PS 検層結果に基づいて設定する場合の、地盤応答に与える感度を確認する。

ここで、表層地盤部分については、 S_s 地震動に対する地盤のひずみの影響が大きいと考えられるため、等価線形解析により評価し、地盤物性及び減衰定数については収束物性値を用いることを基本とすることから、ここでは非線形性及び減衰定数に対しての感度分析は行わない。

第 3-1 表 感度分析の考え方

種別	因子	感度分析対象	各因子に対するパラメータ変動の考え方
岩盤部分	地盤物性	感度分析対象とする	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地下構造が類似と認められる範囲内におけるボーリング調査結果の平均値として設定する場合 ➤ 建物・構築物直下又は近傍のボーリング調査結果に基づいて設定する場合
	非線形性	感度分析対象とする	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 岩盤を線形材料と見なし、非線形性を考慮しない場合 ➤ 岩盤が非線形化により剛性低下することを考慮した場合
	減衰定数	感度分析対象とする	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 履歴減衰のみを考慮した場合 ➤ JEAG に基づく履歴減衰 + 散乱減衰の値 (3 ~ 5%)
表層地盤部分	地盤物性	感度分析対象とする	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 敷地内の埋戻し土のボーリング調査結果に基づく剛性の平均値として設定する場合 ➤ 建物・構築物直下又は近傍のボーリング調査結果に基づいて設定する場合 (深度依存性を非考慮)
	非線形性	感度分析対象としない	— (等価線形解析による評価を基本とする)
	減衰定数	感度分析対象としない	— (等価線形解析による評価を基本とする)

4. 感度分析結果

第 3-1 表において抽出した各因子及びパラメータ変動の考え方にに基づき、変動させるパラメータ値を仮定した上で地盤応答解析を実施し、各グループにおける基礎底面レベルの地盤応答に対する感度分析を実施した。

なお、第 4-2 表における「②Ss 相当地震による岩盤の剛性低下を仮定」のケース及び第 4-3 表における「②履歴減衰のみを考慮した場合を仮定」のケースにおいて仮定するパラメータについては、Ss 地震時の岩盤部分のせん断ひずみが概ね 0.01%オーダーであることから、当該せん断ひずみに相当する剛性低下として 10%、減衰定数として 2%を感度分析ケースにおいて仮定する値として設定した。

感度分析ケースを第 4-1 表～第 4-4 表に示す。

第 4-1 表 感度分析ケース（岩盤部分の地盤物性）

感度分析ケース	鷹架層			埋戻し土		
	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定
①岩盤に平均物性を設定*	各エリアの平均物性	非考慮	3%	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)
②岩盤に直下物性を設定	直下地盤	非考慮	3%	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)

注記 * : 「別紙 1-3 再処理事業所における地盤モデルの設定」の「4. 地盤モデルの設定」における中央地盤, 西側地盤, 東側地盤ごとに設定した共通の地盤モデルと同じモデル

第 4-2 表 感度分析ケース（岩盤の非線形性）

感度分析ケース	鷹架層			埋戻し土		
	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定
①岩盤に線形条件を仮定	直下地盤	非考慮	3%	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)
②Ss 相当地震による岩盤の剛性低下を仮定	直下地盤	考慮 (Ss 相当地震による岩盤の剛性低下(10%)を仮定)	3%	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)

第 4-3 表 感度分析ケース（岩盤の減衰定数）

感度分析ケース	鷹架層			埋戻し土		
	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定
①JEAG に基づく履歴減衰 + 散乱減衰の値(3%)	直下地盤	非考慮	3% (JEAG 下限値)	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)
②履歴減衰のみを考慮した場合を仮定(2%)	直下地盤	非考慮	2% (履歴減衰相当)	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)
②JEAG に基づく履歴減衰 + 散乱減衰の値(5%)	直下地盤	非考慮	5% (JEAG 上限値)	敷地内の埋戻し土の平均物性	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)

第 4-4 表 感度分析ケース（表層地盤部分の地盤物性）

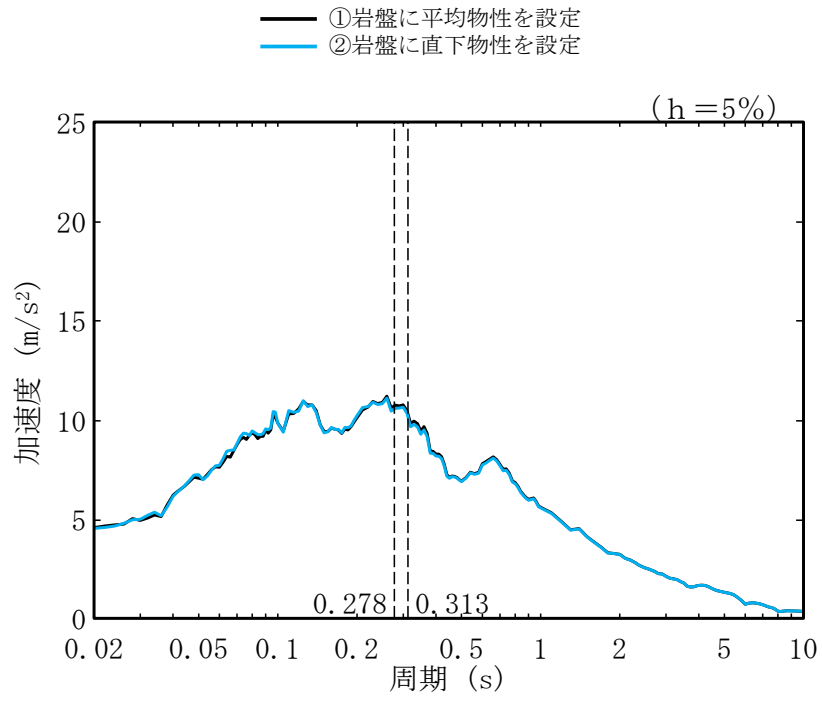
感度分析ケース	鷹架層			埋戻し土		
	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定	地盤物性値の設定	非線形性の考慮	減衰定数の設定
①表層地盤に平均物性を設定*	各エリアの平均物性	非考慮	3%	各エリアの平均物性	非考慮	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)
②表層地盤に直下物性を設定 (深度依存性を非考慮)	各エリアの平均物性	非考慮	3%	直下地盤 (深度依存性非考慮)	考慮 ($G/G0-\gamma$)	履歴減衰考慮 ($h-\gamma$)

注記 * : 「別紙 1-3 再処理事業所における地盤モデルの設定」の「4. 地盤モデルの設定」における中央地盤, 西側地盤, 東側地盤ごとに設定した共通の地盤モデルと同じモデル

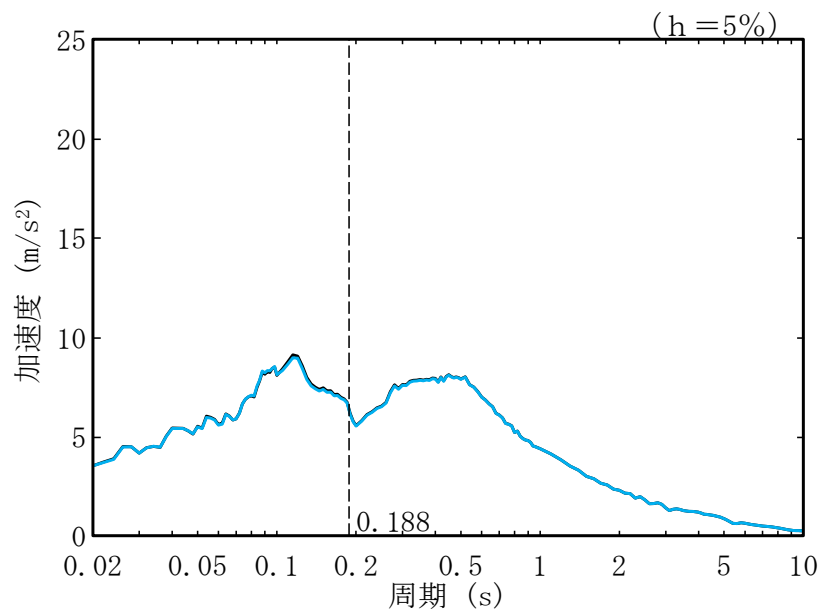
4.1 岩盤部分の地盤物性による感度分析

岩盤部分の地盤物性に対する感度分析結果を，第 4.1-1 図～第 4.1-6 図に示す。

岩盤部分の地盤物性に対する感度分析として，建物・構築物直下の PS 検層結果に基づいて設定する場合と，地下構造が類似と認められる範囲内における PS 検層結果の平均値として設定する場合の設定の差について，いずれのグループにおいても，地盤応答に与える感度が小さいことを確認した。

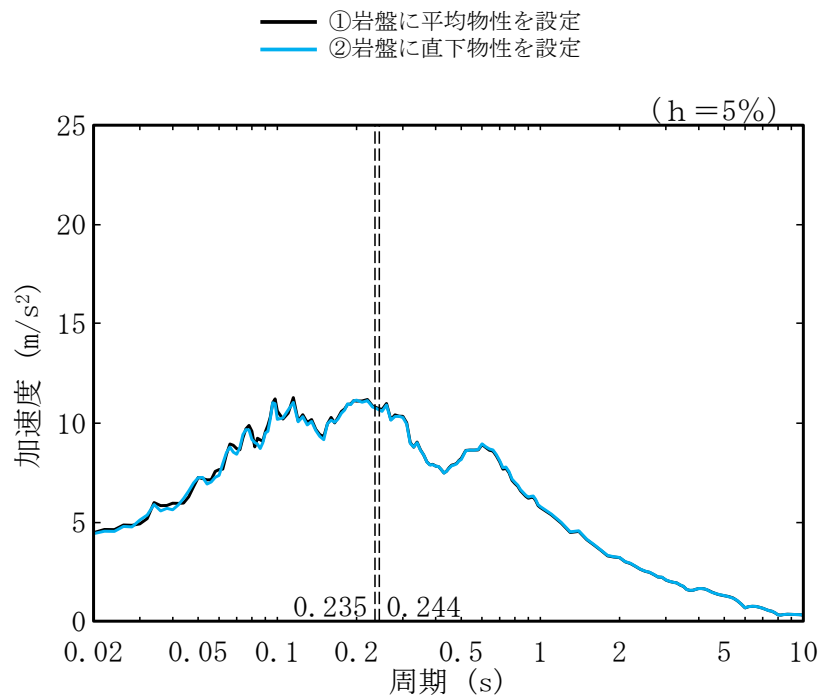


(a) 水平方向

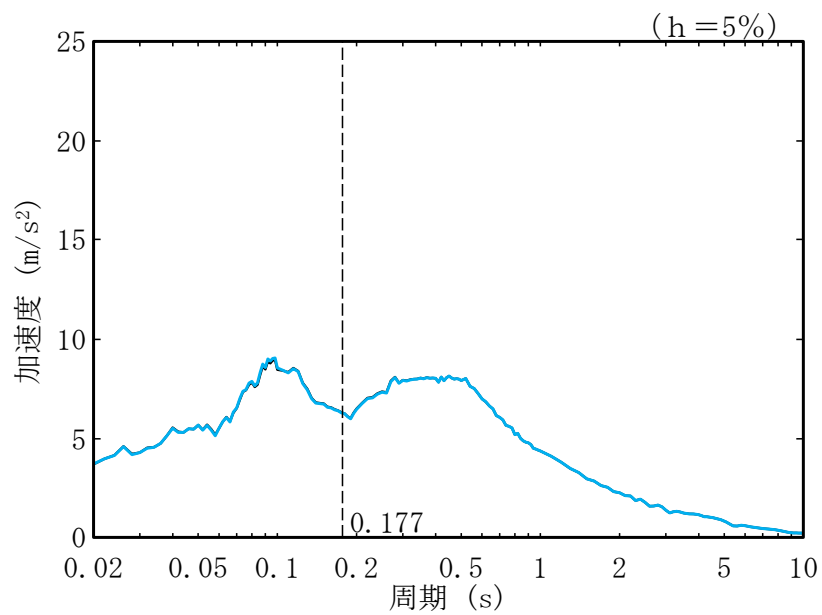


(b) 鉛直方向

第 4.1-1 図 加速度応答スペクトル
(AA 周辺 (分離建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

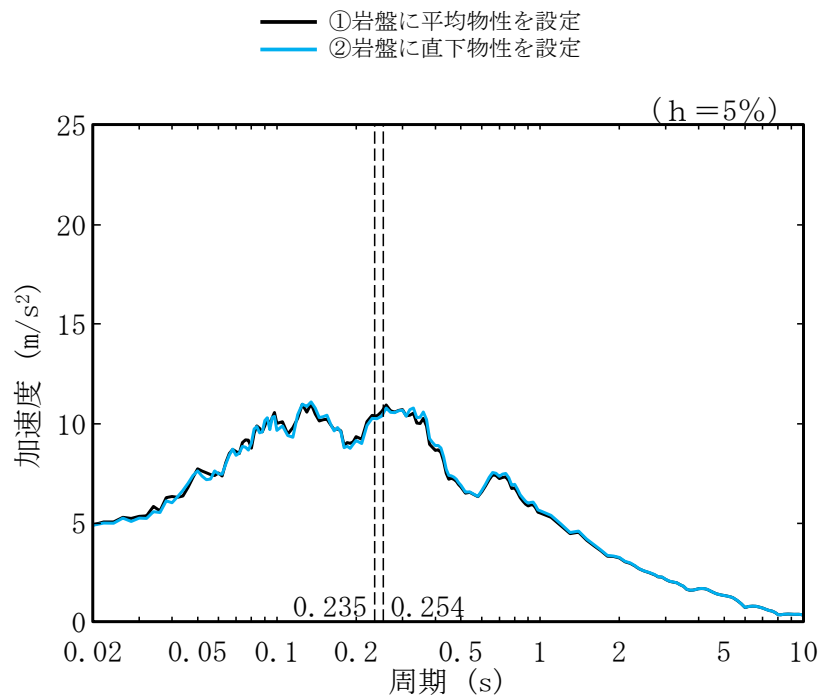


(a) 水平方向

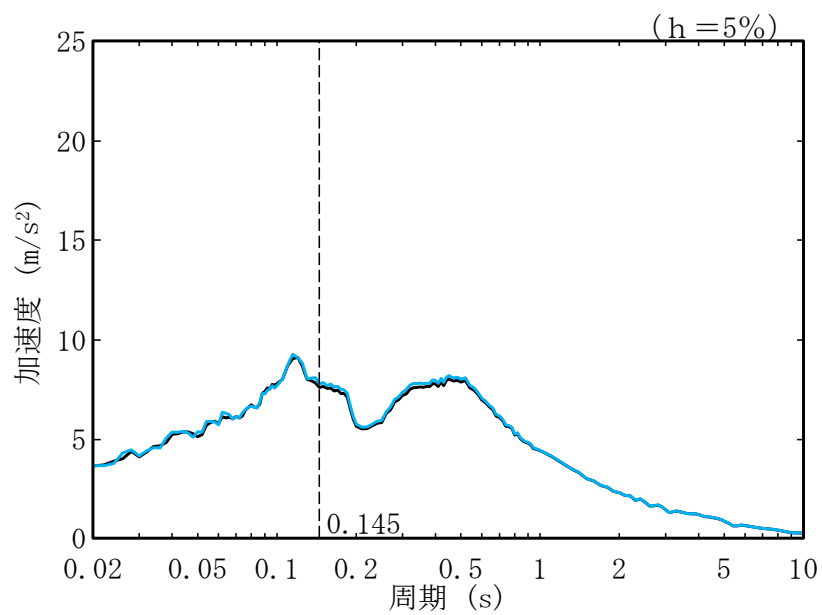


(b) 鉛直方向

第 4.1-2 図 加速度応答スペクトル
(F 施設周辺 (使用済燃料受入れ・貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

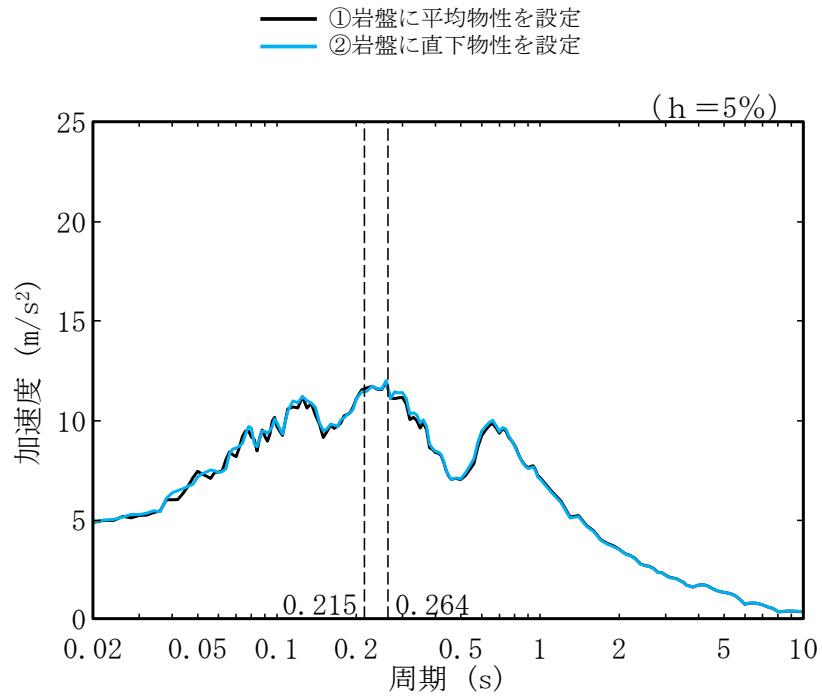


(a) 水平方向

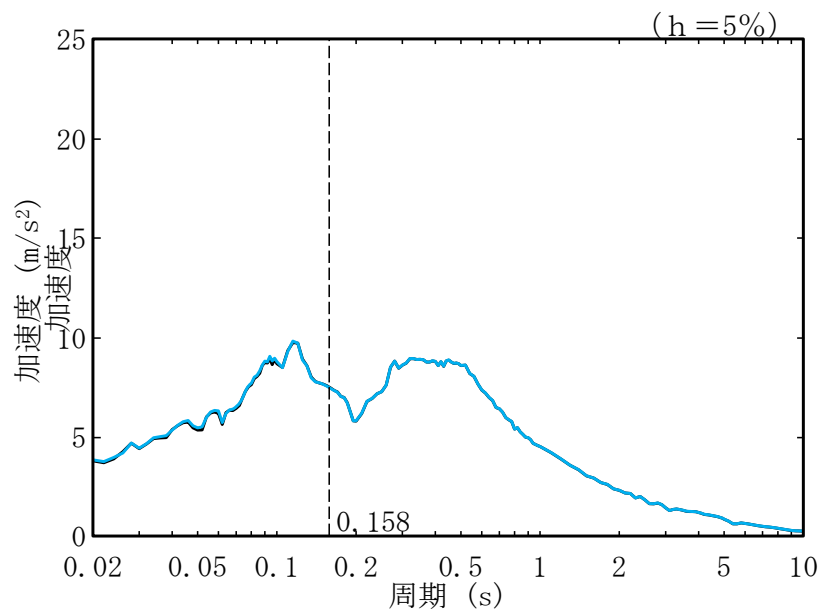


(b) 鉛直方向

第 4.1-3 図 加速度応答スペクトル
(AE (ハル・エンドピース貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

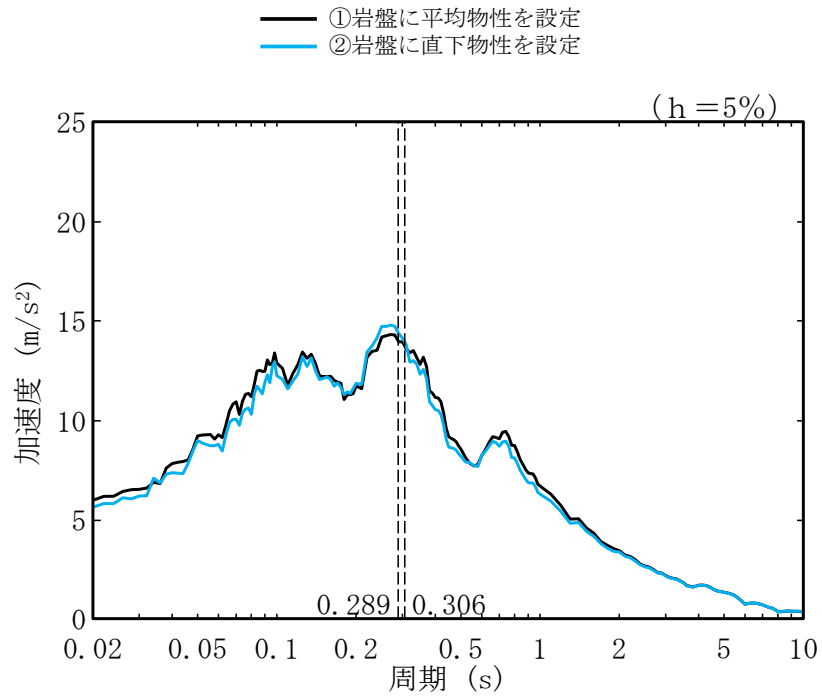


(a) 水平方向

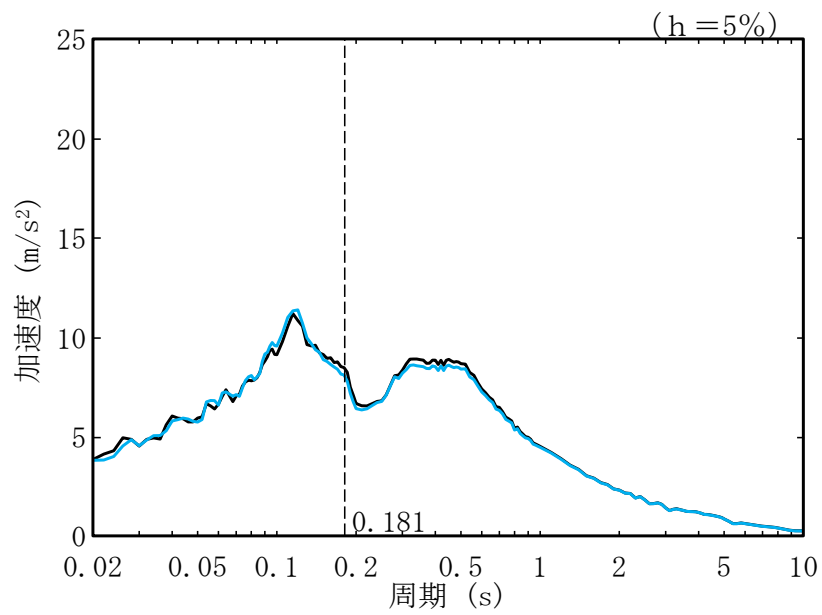


(b) 鉛直方向

第 4.1-4 図 加速度応答スペクトル
(E 施設周辺 (ガラス固化体貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

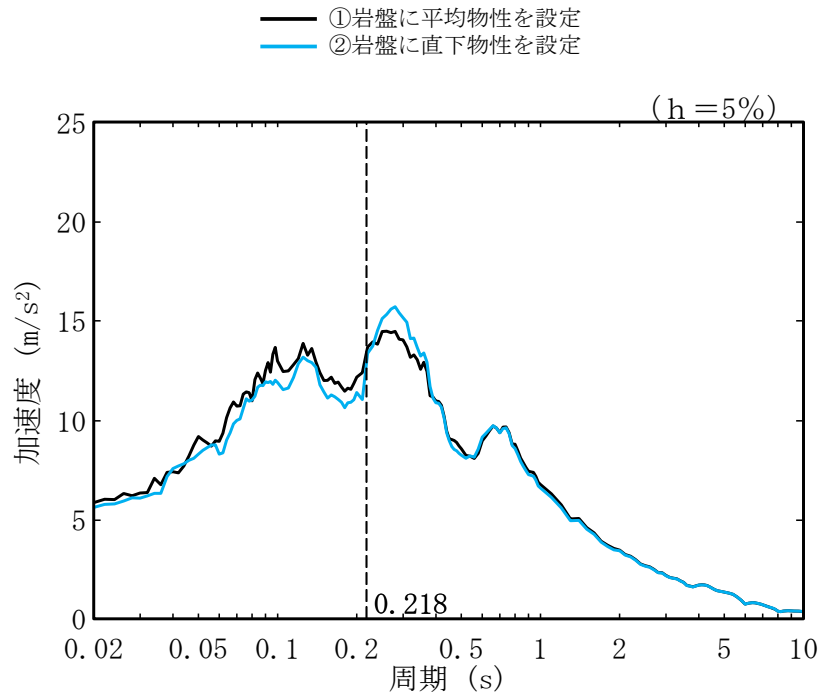


(a) 水平方向

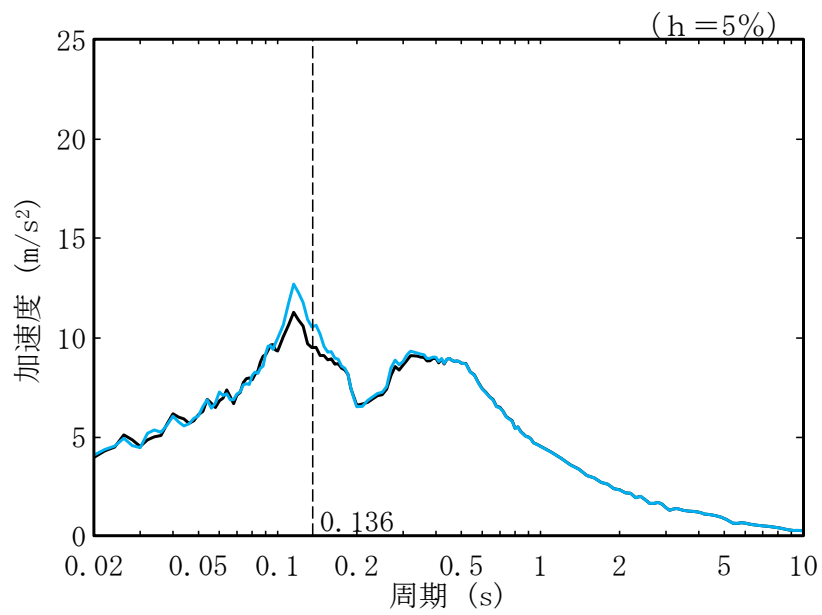


(b) 鉛直方向

第 4.1-5 図 加速度応答スペクトル
(AC (精製建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)



(a) 水平方向



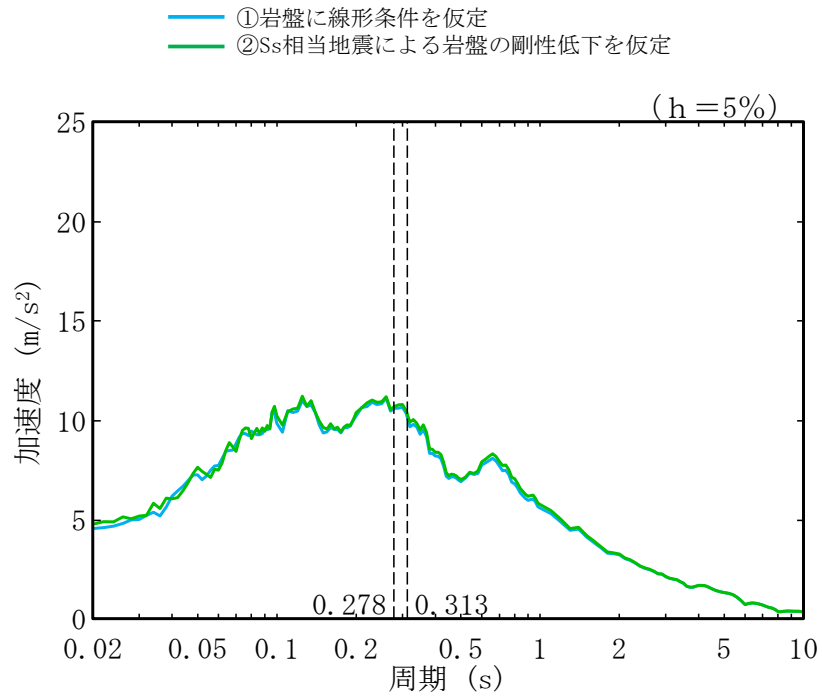
(b) 鉛直方向

第 4.1-6 図 加速度応答スペクトル
(CB (ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

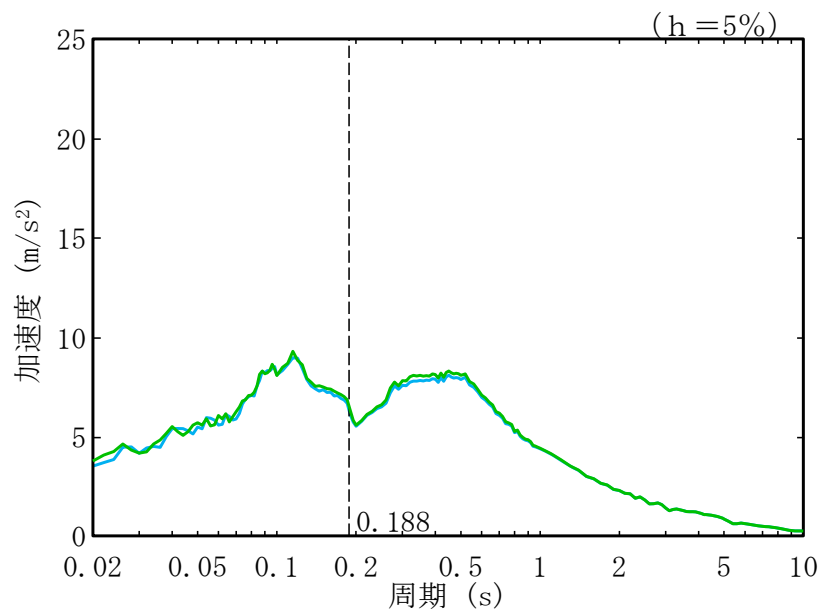
4.2 岩盤部分の非線形性による感度分析結果

岩盤部分の非線形性に対する感度分析結果を，第 4.2-1 図～第 4.2-6 図に示す。

岩盤部分の非線形性に対する感度分析として，剛性低下を考慮した場合と線形を仮定した場合の設定の差について，いずれのグループにおいても，地盤応答に有意な差を与えないことを確認した。

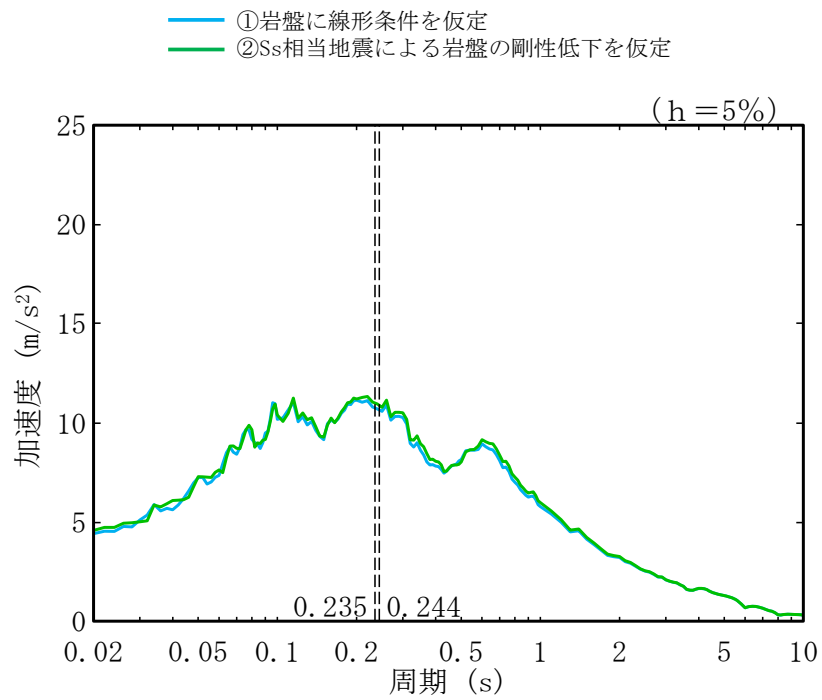


(a) 水平方向

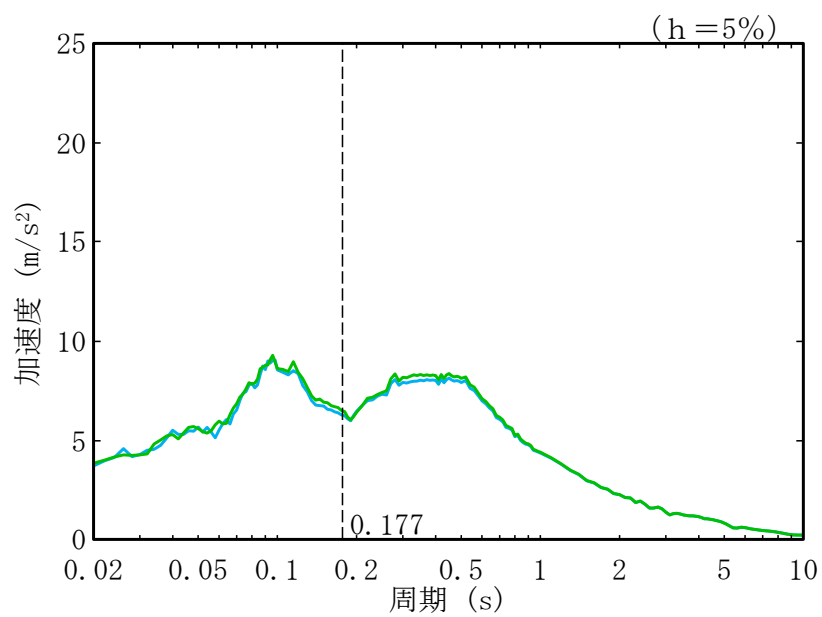


(b) 鉛直方向

第 4.2-1 図 加速度応答スペクトル
(AA 周辺 (分離建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

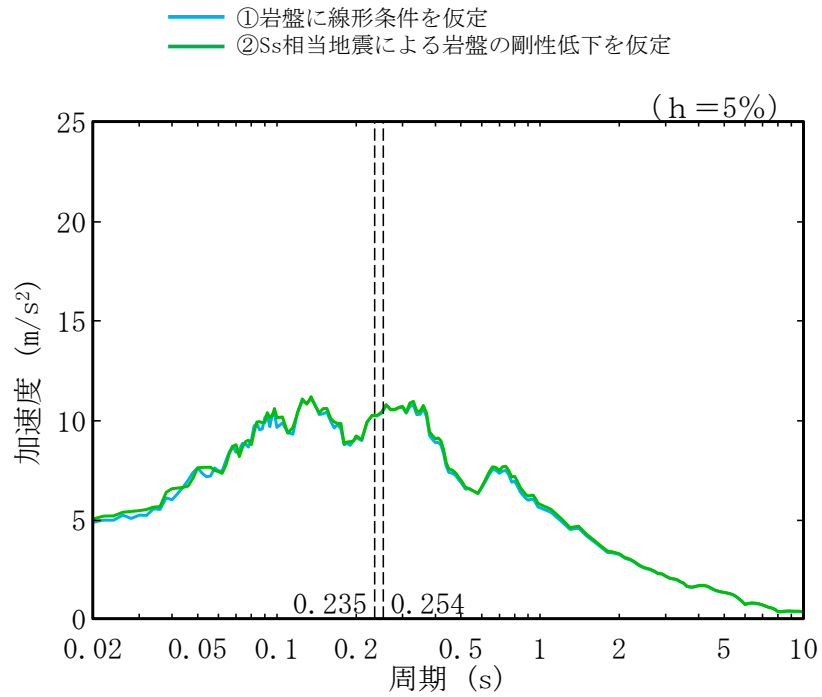


(a) 水平方向

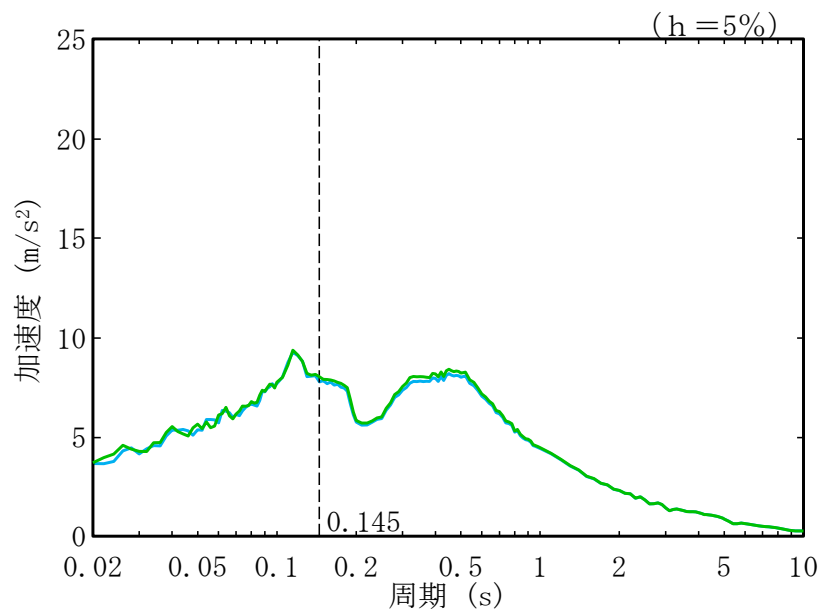


(b) 鉛直方向

第 4.2-2 図 加速度応答スペクトル
(F 施設周辺 (使用済燃料受入れ・貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

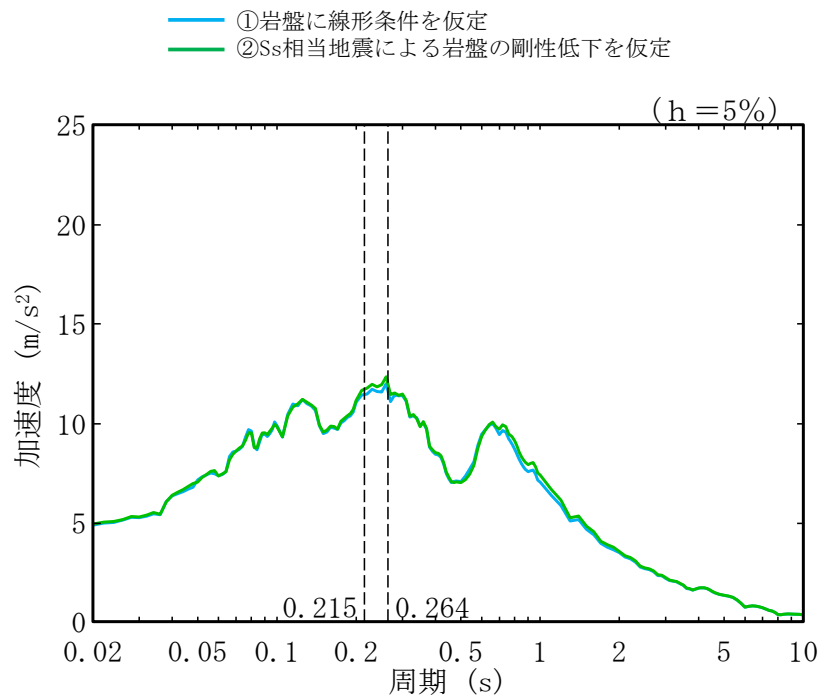


(a) 水平方向

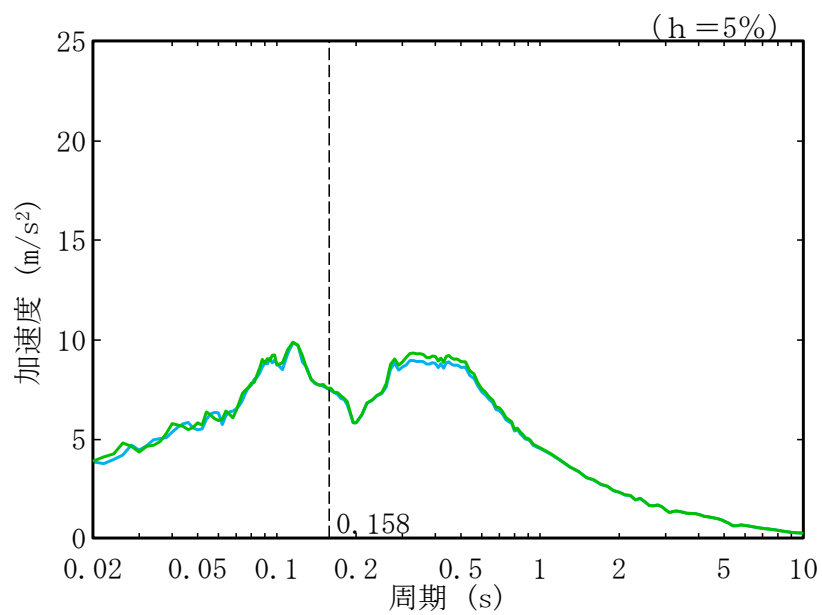


(b) 鉛直方向

第 4.2-3 図 加速度応答スペクトル
(AE (ハル・エンドピース貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

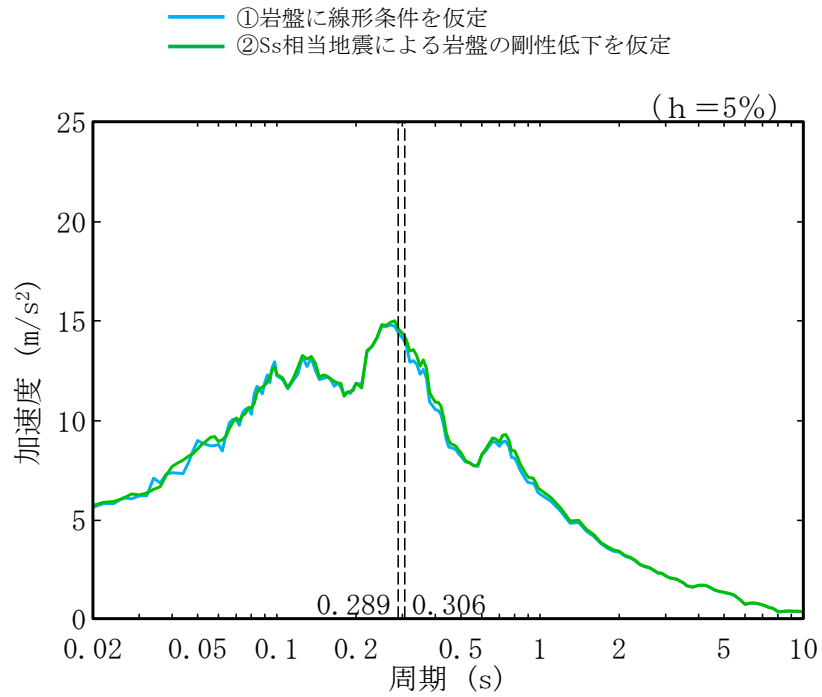


(a) 水平方向

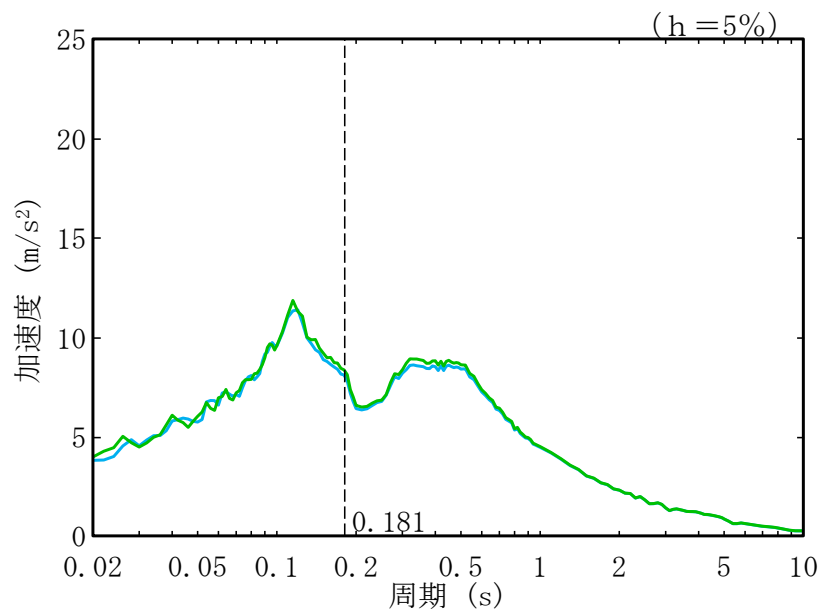


(b) 鉛直方向

第 4.2-4 図 加速度応答スペクトル
(E 施設周辺 (ガラス固化体貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

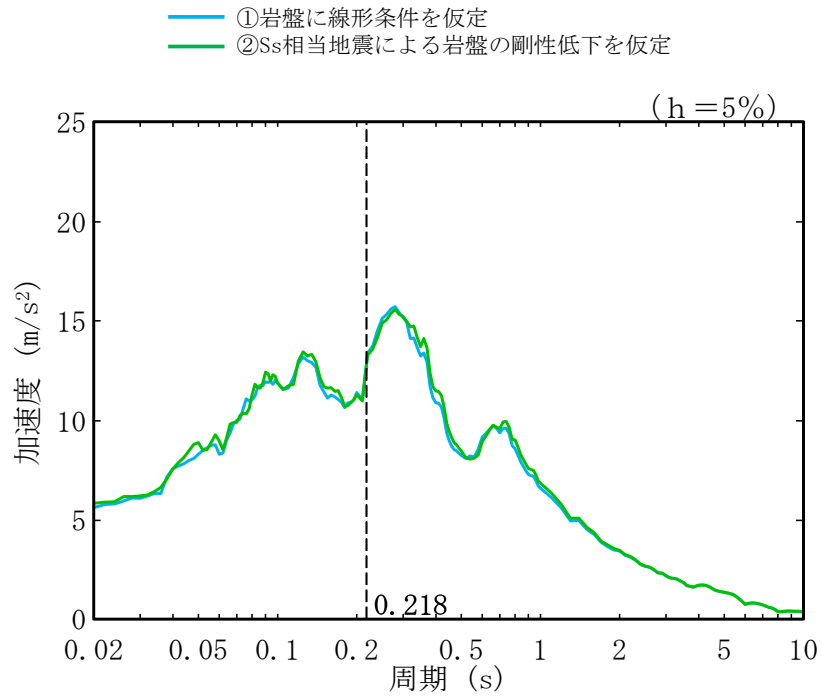


(a) 水平方向

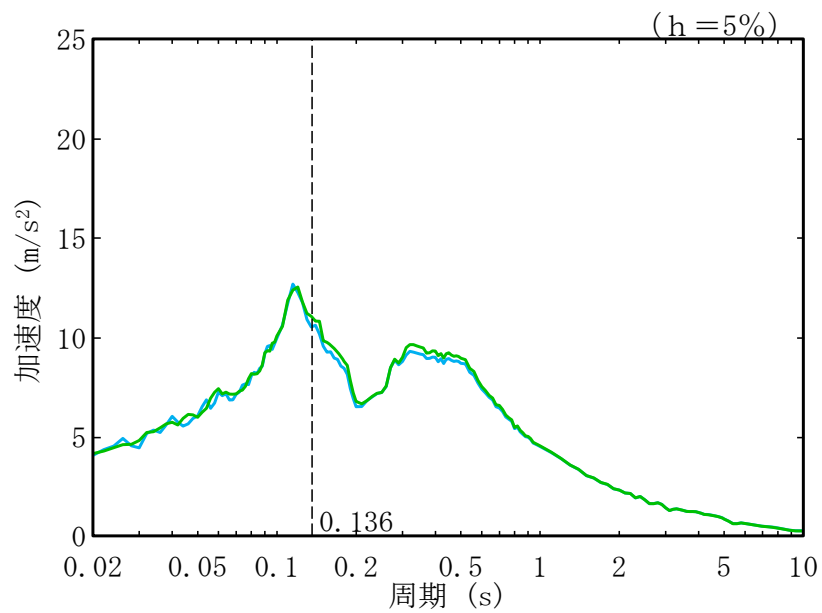


(b) 鉛直方向

第 4.2-5 図 加速度応答スペクトル
(AC (精製建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 4.2-6 図 加速度応答スペクトル
(CB (ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

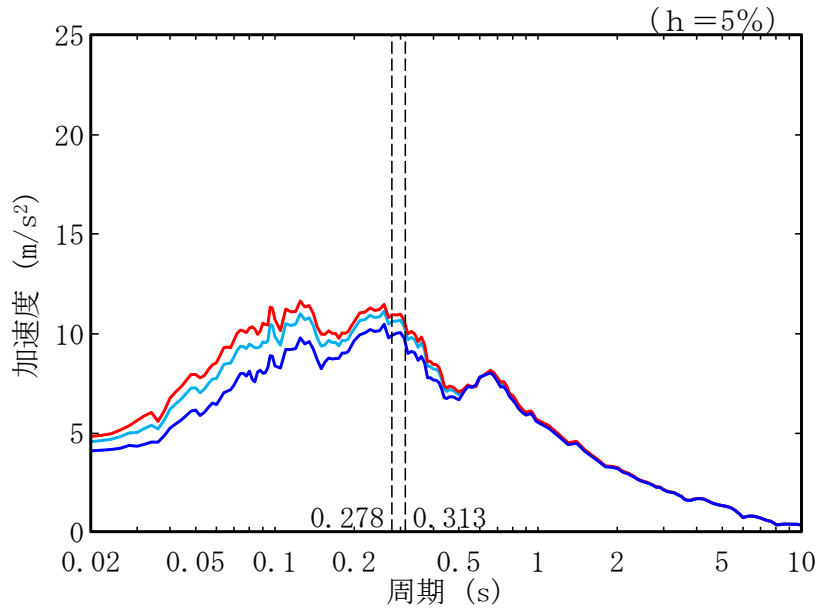
4.3 岩盤部分の減衰定数の設定による感度分析結果

岩盤部分の減衰定数の設定に対する感度分析結果を、第4.3-1図～第4.3-6図に示す。

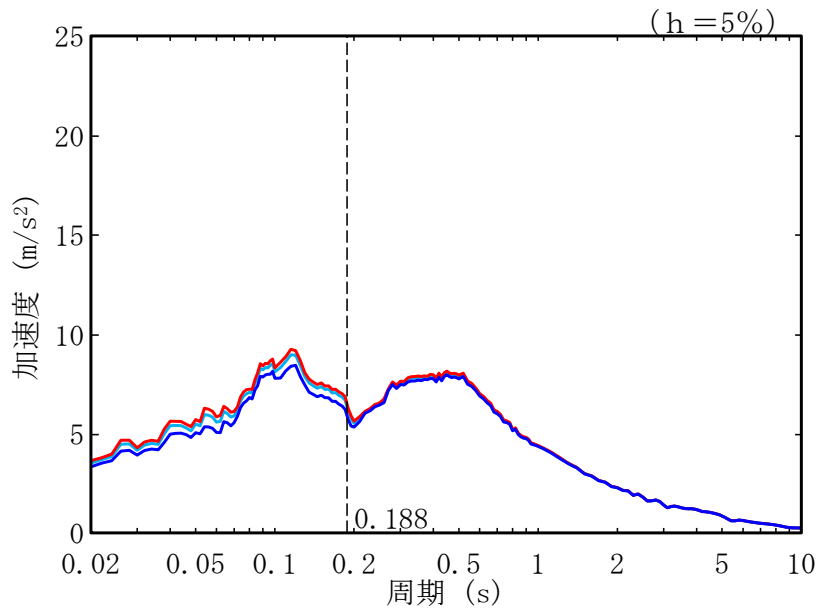
岩盤部分の減衰定数の設定に対する感度分析として、値を2%、3%、5%と変動させた場合の設定の差について、いずれのグループにおいても、周波数成分への感度は無いものの、地盤応答の大きさとして特に短周期側で差を与えることを確認した。

このことから、岩盤部分の減衰定数については、敷地において得られている地震観測記録等を用いた検討により、敷地に適用する上で適切な値についての考察を、「5. 各感度分析結果に対する考察」に示す。

- ① JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (3%)
- ② 履歴減衰のみを考慮した場合を仮定 (2%)
- ③ JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (5%)

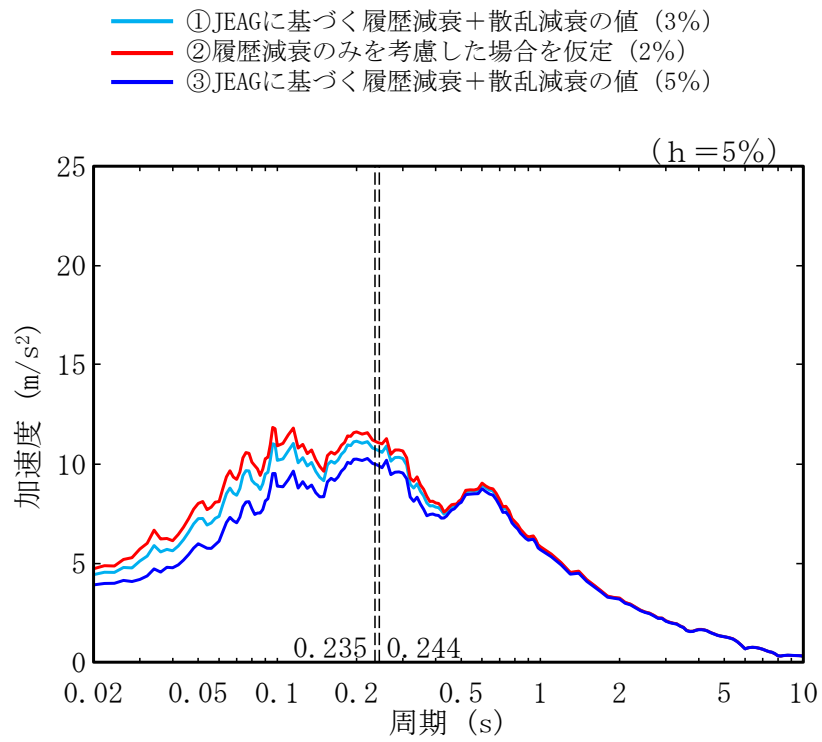


(a) 水平方向

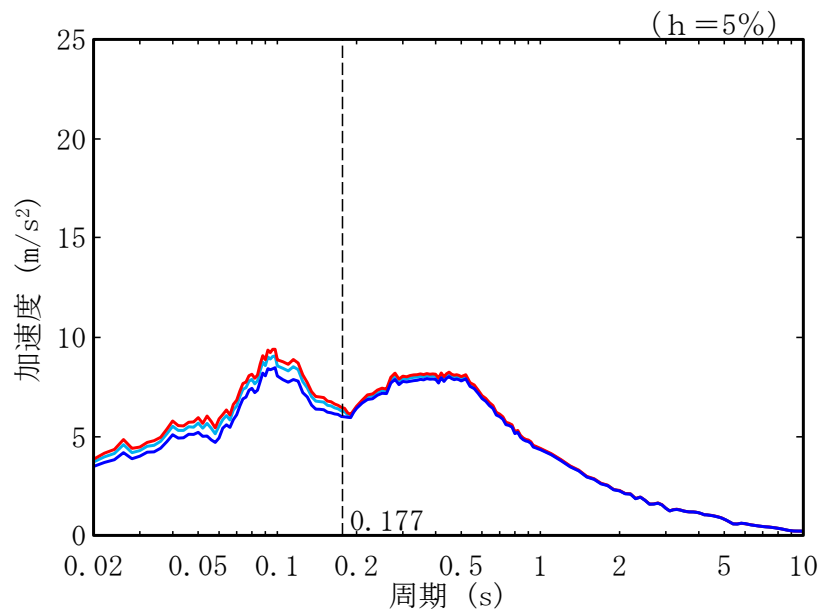


(b) 鉛直方向

第 4.3-1 図 加速度応答スペクトル
(AA 周辺 (分離建屋), 基礎下 E+F, S_s-A)



(a) 水平方向

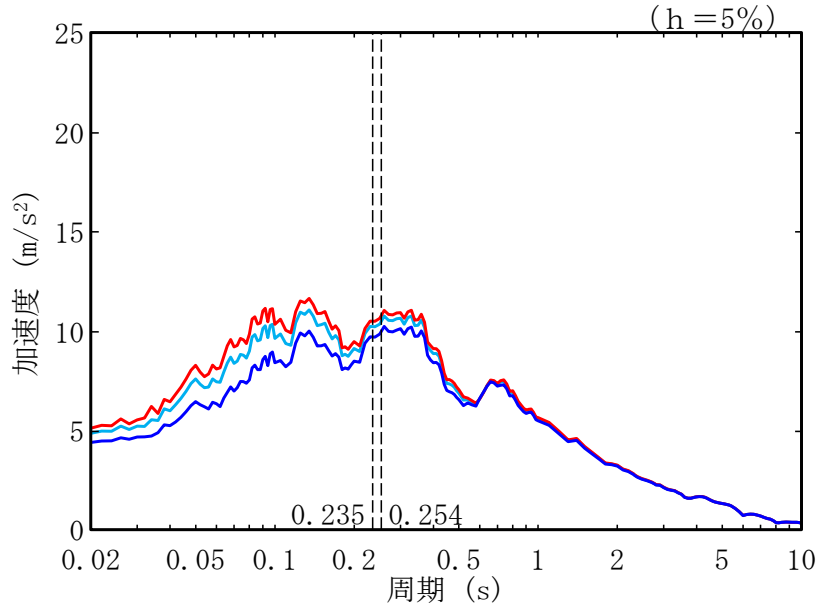


(b) 鉛直方向

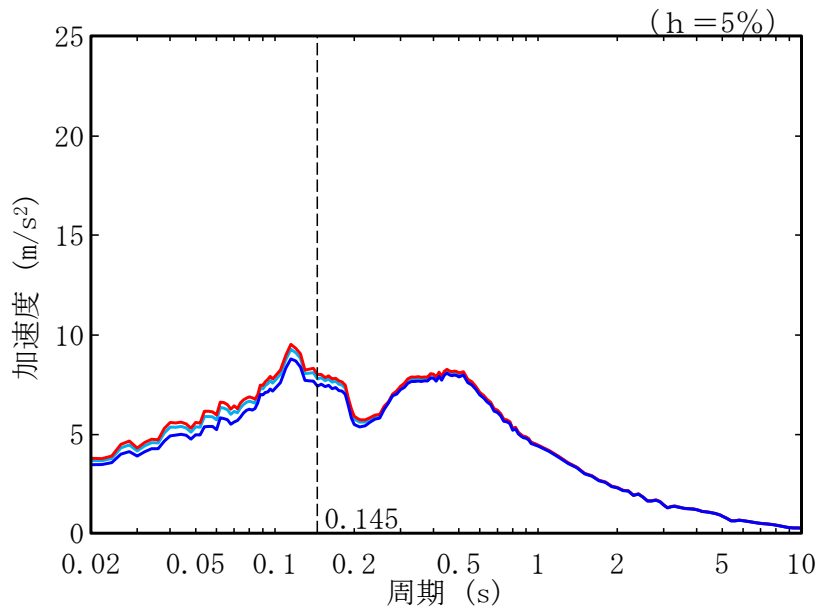
第 4.3-2 図 加速度応答スペクトル

(F 施設周辺 (使用済燃料受入れ・貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

- ① JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (3%)
- ② 履歴減衰のみを考慮した場合を仮定 (2%)
- ③ JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (5%)



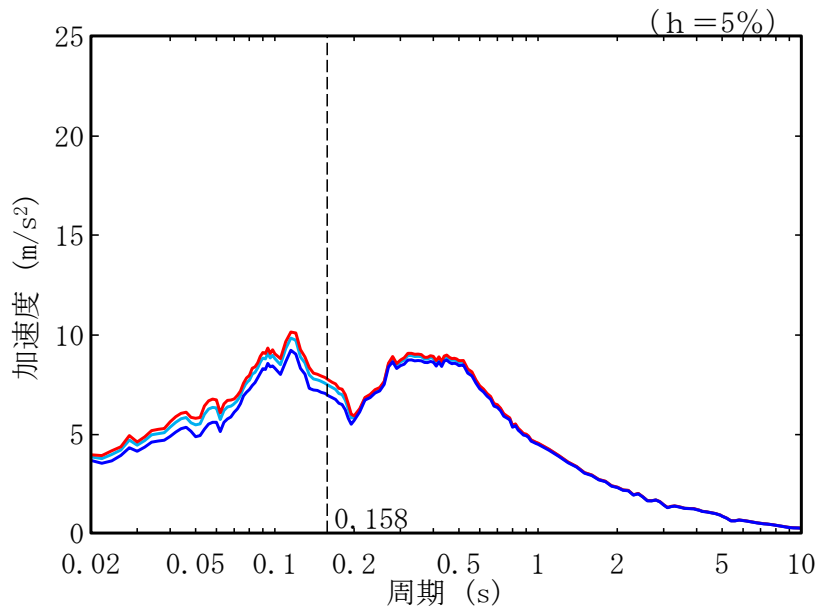
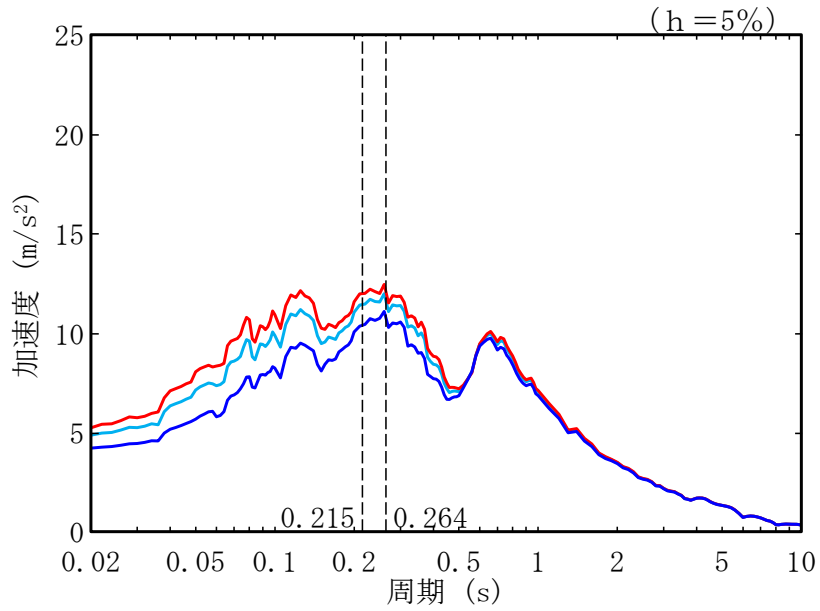
(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

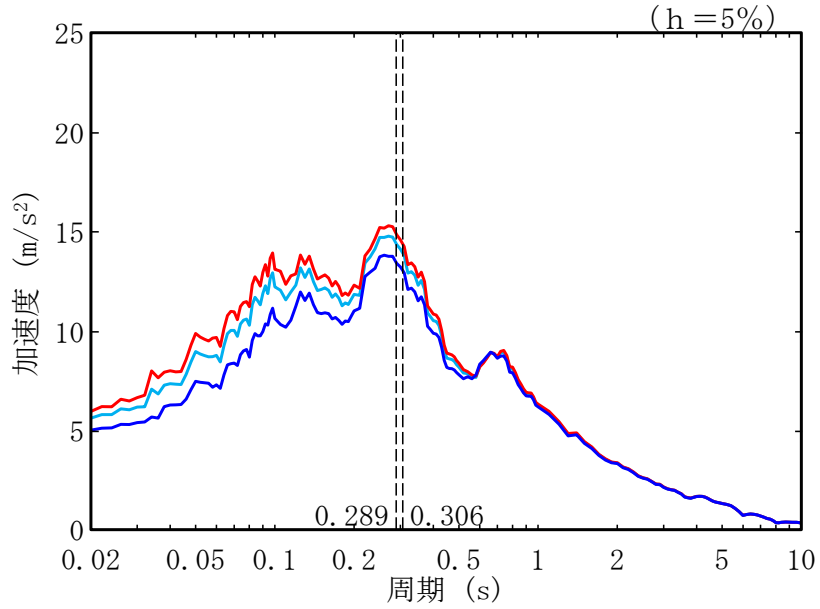
第 4.3-3 図 加速度応答スペクトル
(AE (ハル・エンドピース貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

- ① JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (3%)
- ② 履歴減衰のみを考慮した場合を仮定 (2%)
- ③ JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (5%)

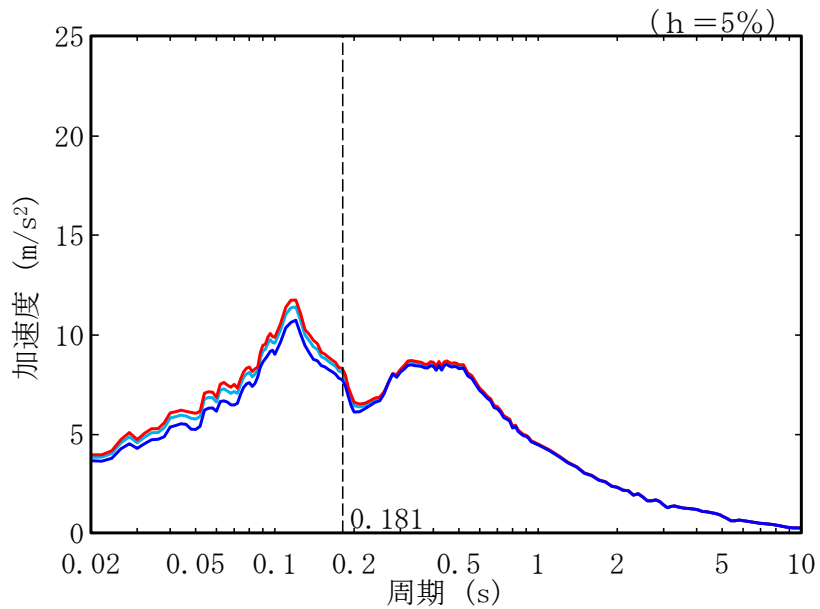


第 4.3-4 図 加速度応答スペクトル
(E 施設周辺 (ガラス固化体貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

- ① JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (3%)
- ② 履歴減衰のみを考慮した場合を仮定 (2%)
- ③ JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (5%)



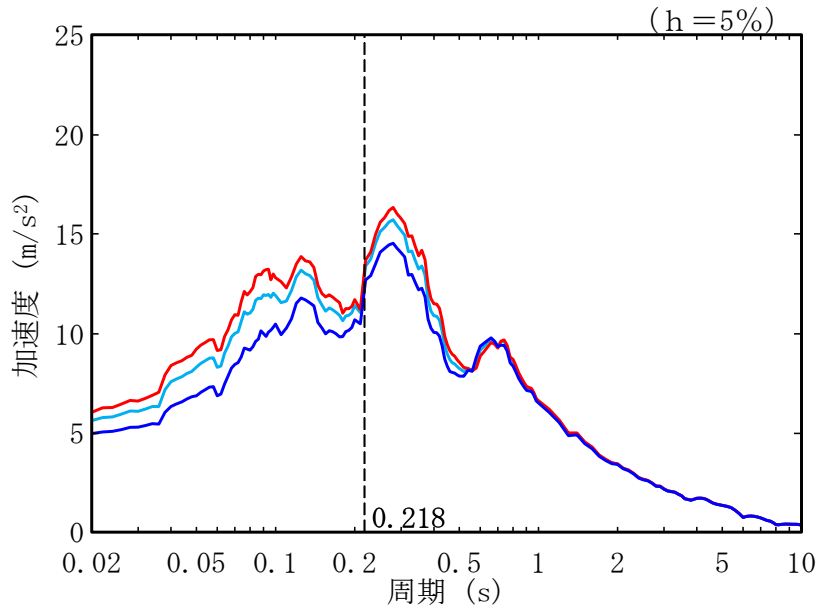
(a) 水平方向



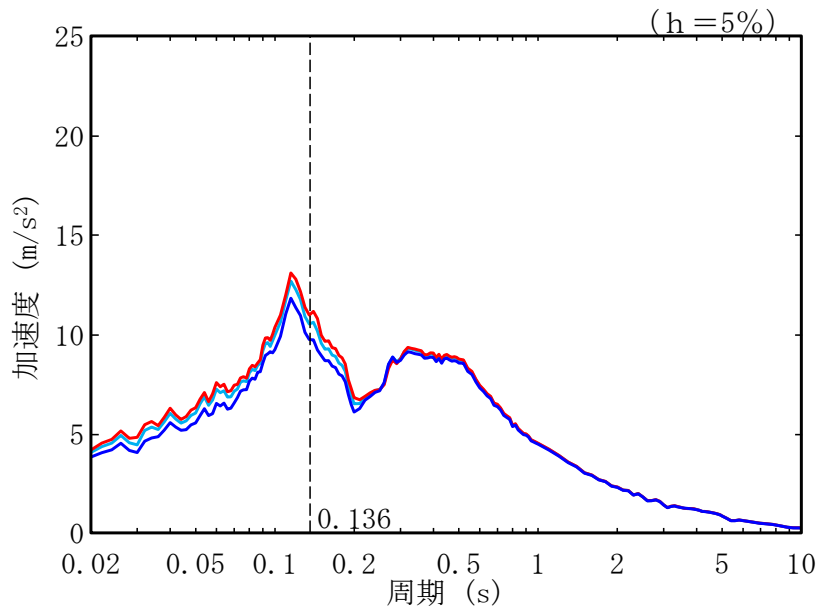
(b) 鉛直方向

第 4.3-5 図 加速度応答スペクトル
(AC (精製建屋), 基礎下 E+F, S_s-A)

- ① JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (3%)
- ② 履歴減衰のみを考慮した場合を仮定 (2%)
- ③ JEAGに基づく履歴減衰+散乱減衰の値 (5%)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

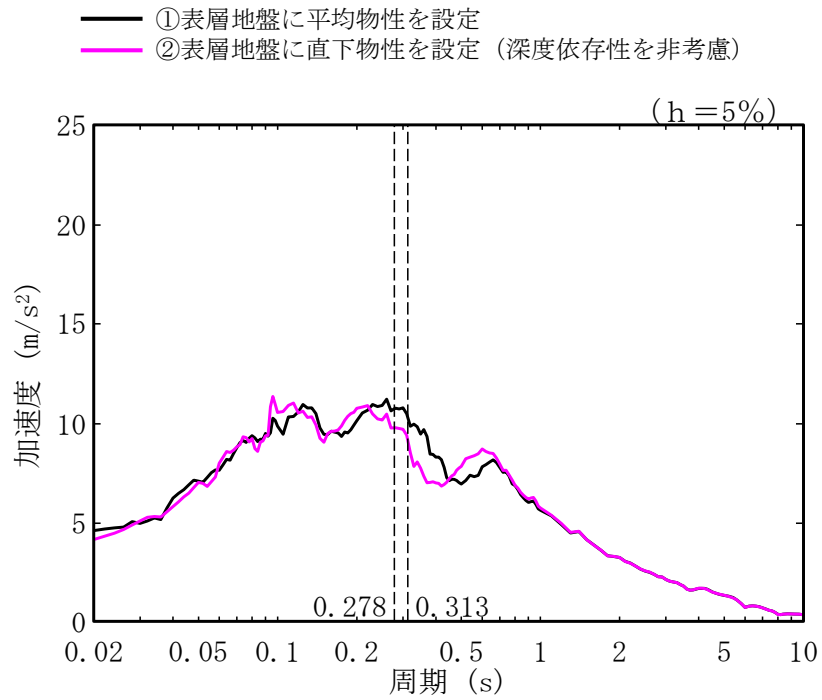
第 4.3-6 図 加速度応答スペクトル
(CB (ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

4.4 表層地盤部分の地盤物性による感度分析結果

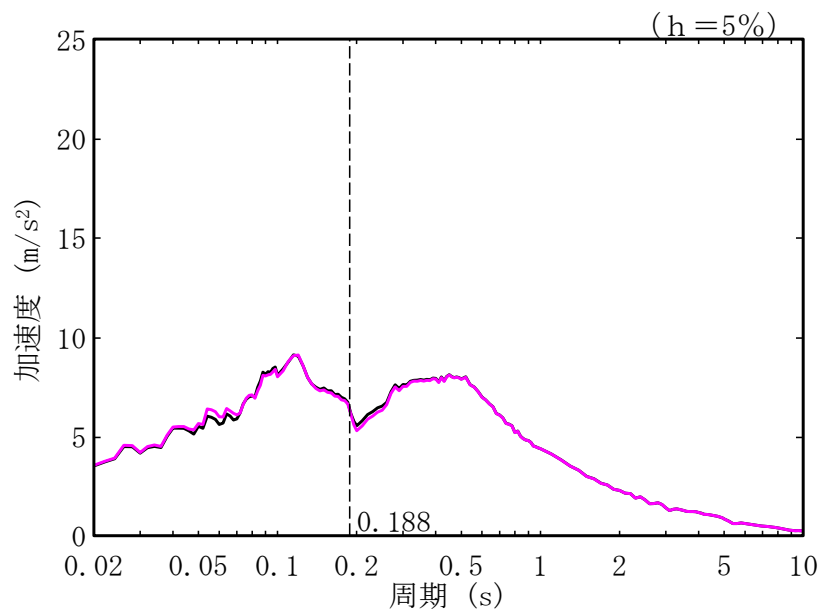
表層地盤部分の地盤物性に対する感度分析結果を，第 4.4-1 図～第 4.4-6 図に示す。

表層地盤部分の地盤物性に対する感度分析として，建物・構築物直下の PS 検層結果に基づいて設定する場合と，敷地内の埋戻し土のボーリング調査結果に基づく剛性の平均値として設定する場合の設定の差について，いずれのグループにおいても，地盤応答に与える感度が大きいことを確認した。

このことから，表層地盤部分の地盤物性については，ボーリング調査結果に基づく再評価及び解析的検討により，敷地に適用する上で適切な値についての考察を行い，「5. 各感度分析結果に対する考察」に示す。

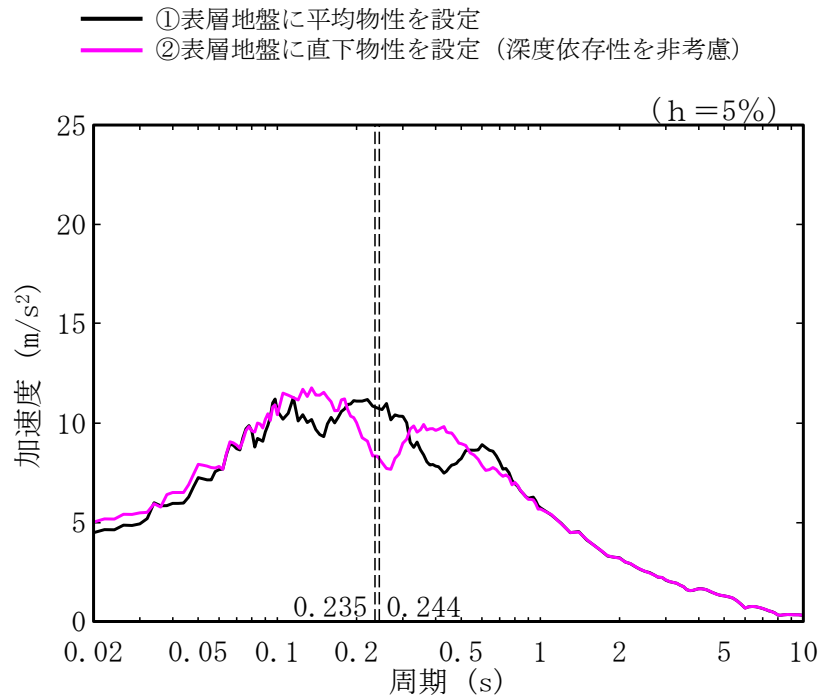


(a) 水平方向

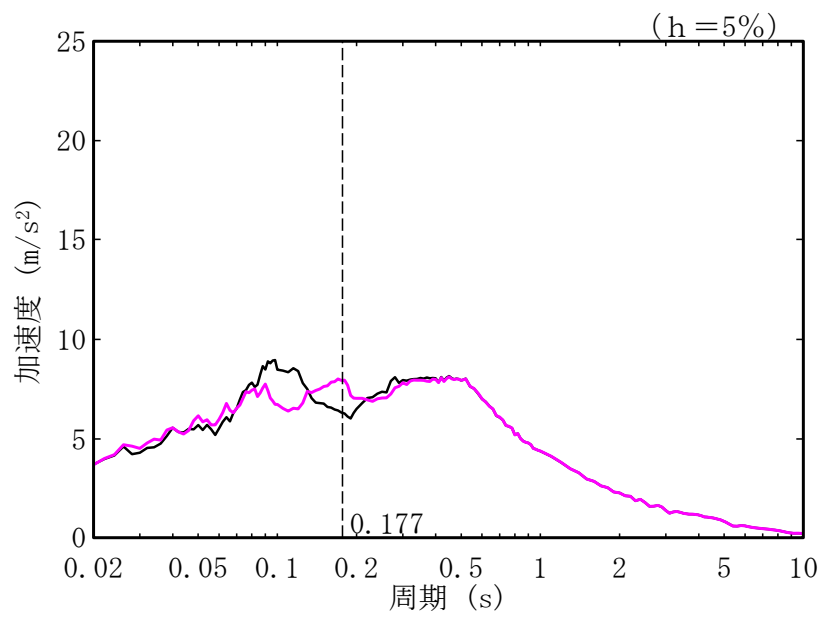


(b) 鉛直方向

第 4.4-1 図 加速度応答スペクトル
 (AA 周辺 (分離建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

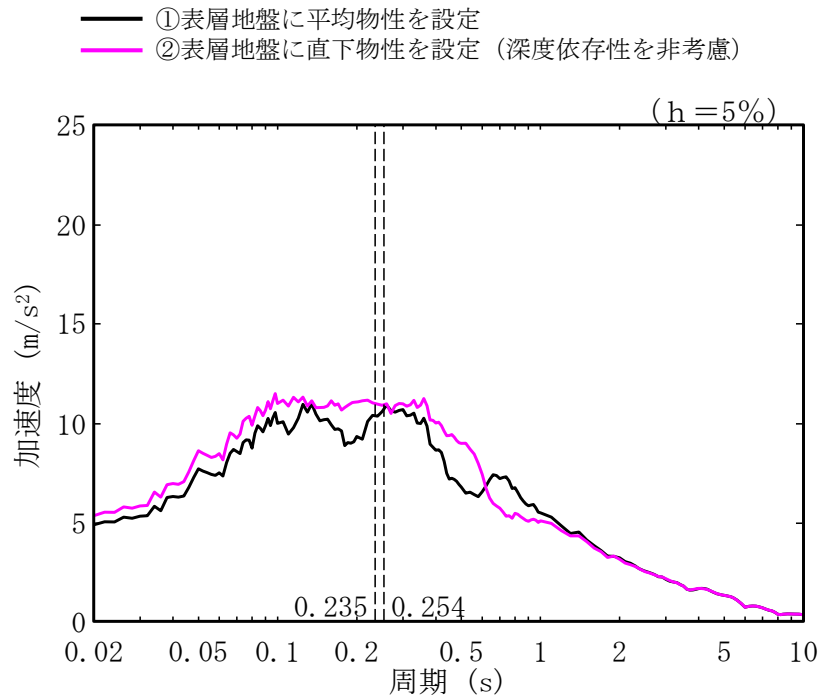


(a) 水平方向

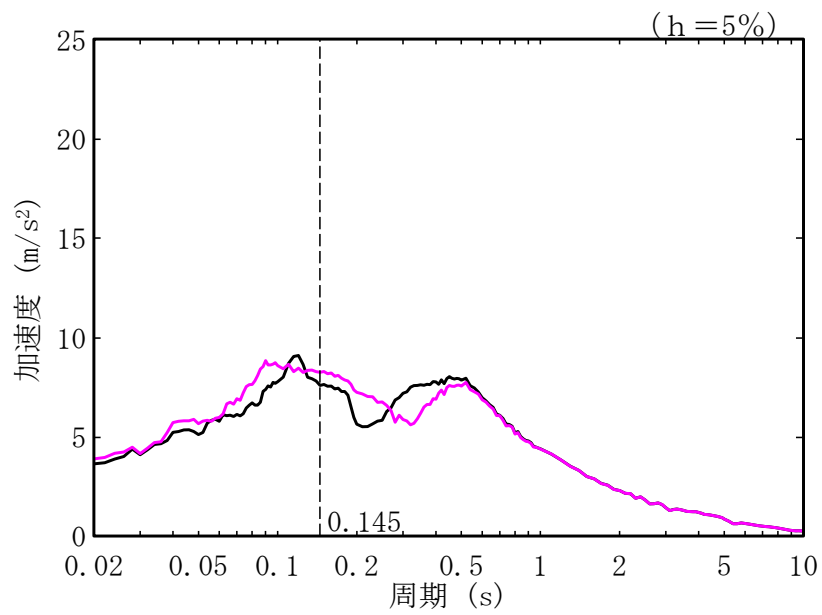


(b) 鉛直方向

第 4.4-2 図 加速度応答スペクトル
 (F 施設周辺 (使用済燃料受入れ・貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)



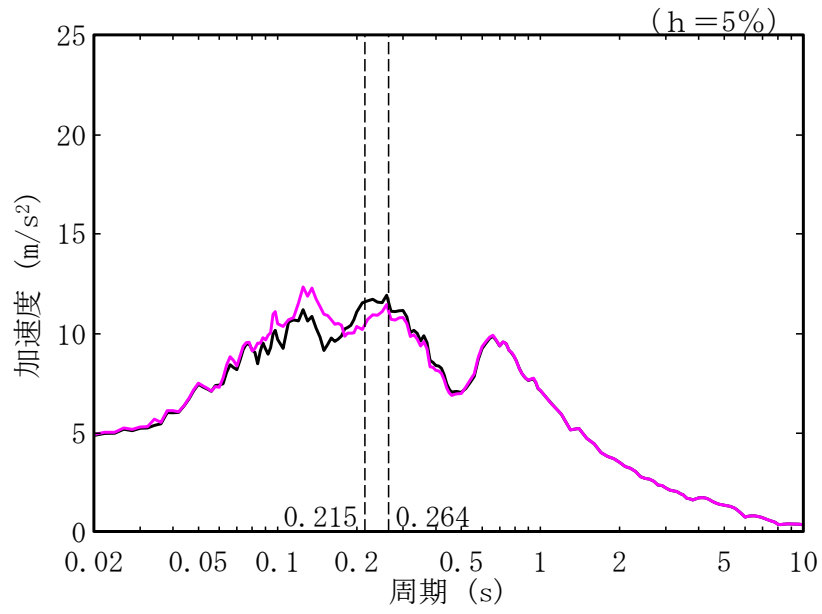
(a) 水平方向



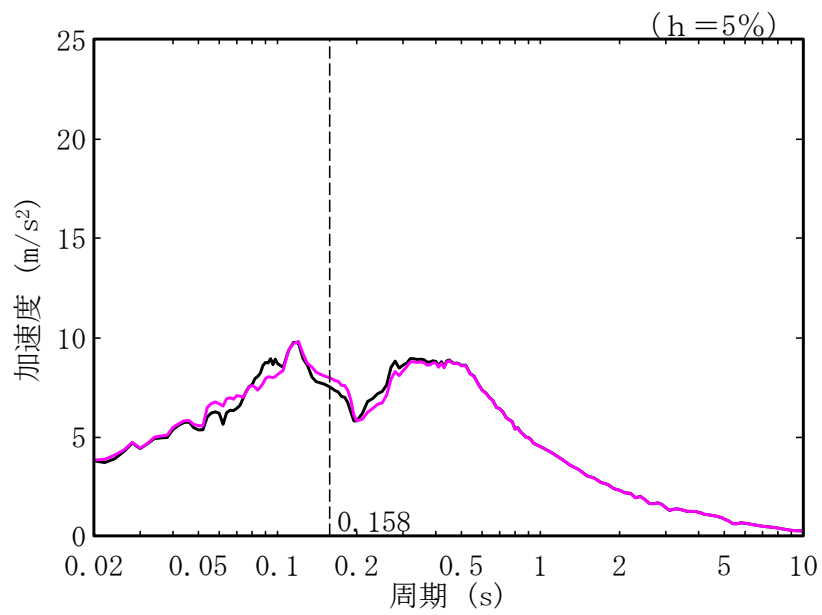
(b) 鉛直方向

第 4.4-3 図 加速度応答スペクトル
 (AE (ハル・エンドピース貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

- ①表層地盤に平均物性を設定
- ②表層地盤に直下物性を設定 (深度依存性を非考慮)



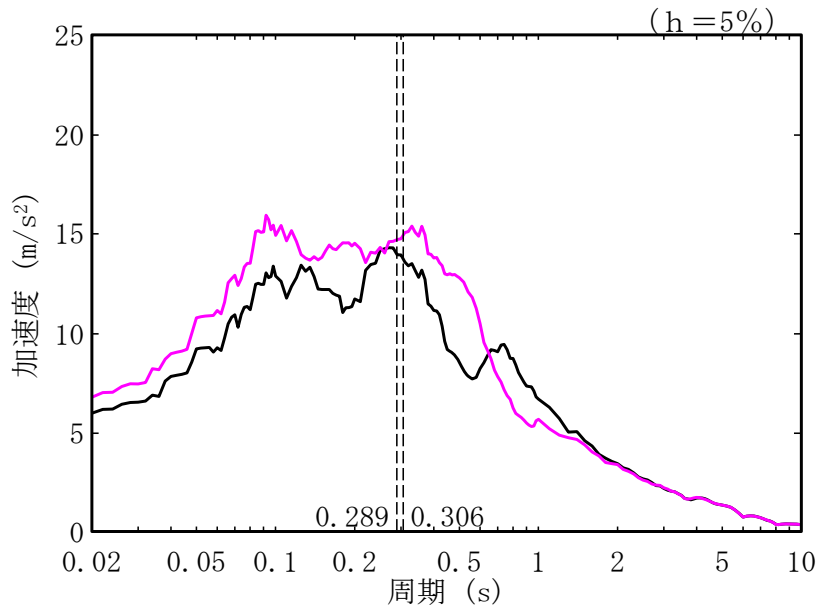
(a) 水平方向



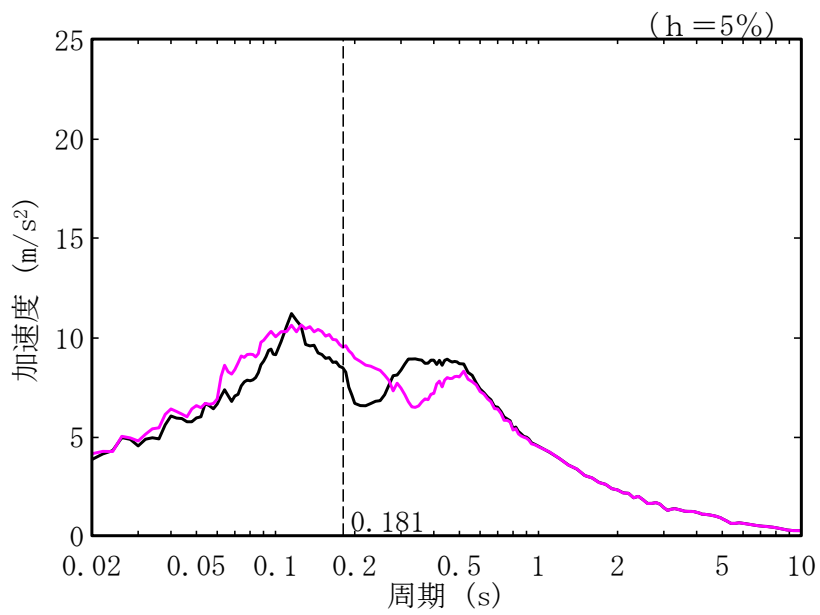
(b) 鉛直方向

第 4.4-4 図 加速度応答スペクトル
(E 施設周辺 (ガラス固化体貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

- ①表層地盤に平均物性を設定
- ②表層地盤に直下物性を設定 (深度依存性を非考慮)

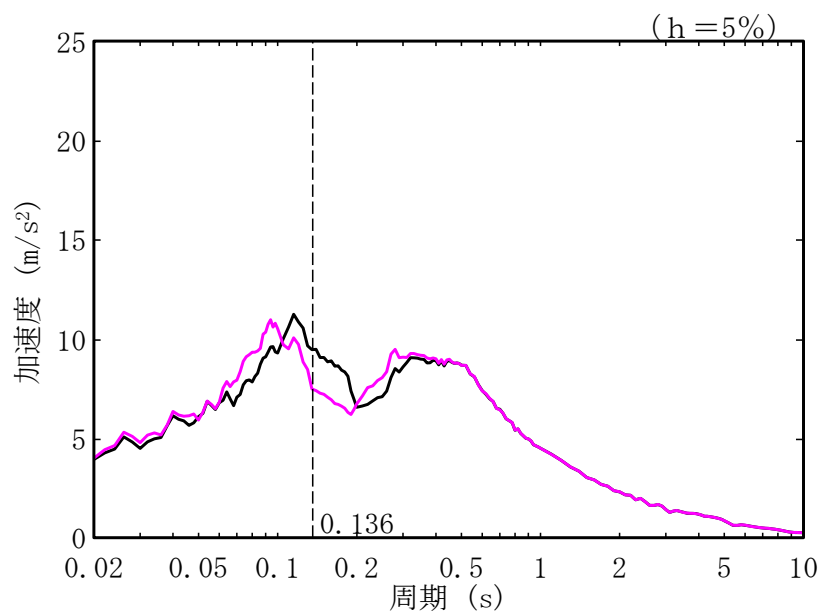
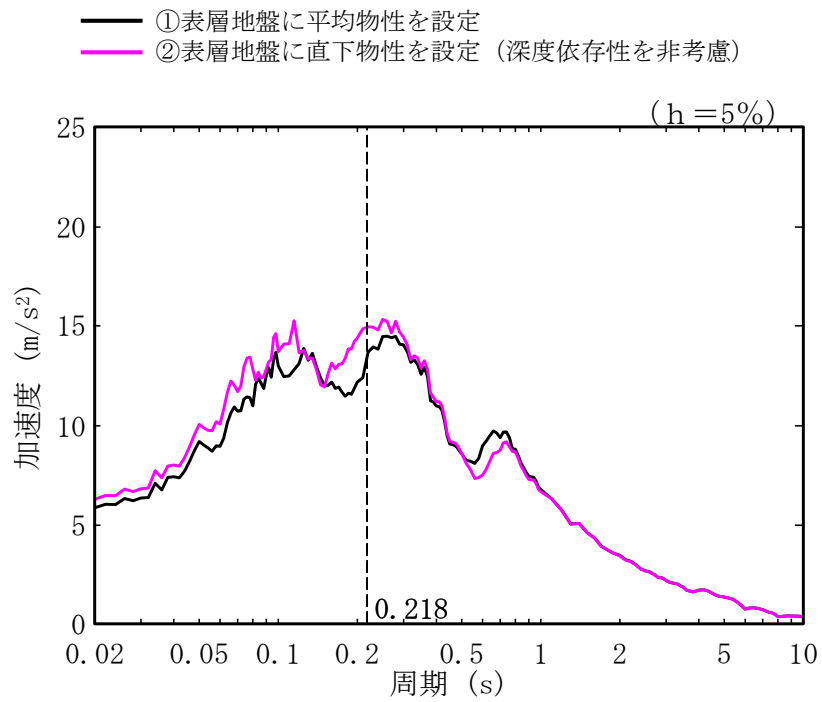


(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 4.4-5 図 加速度応答スペクトル
(AC (精製建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)



第 4.4-6 図 加速度応答スペクトル
 (CB (ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋), 基礎下 E+F, Ss-A)

5. 各感度分析結果に対する考察

本章においては、「4. 感度分析結果」に基づき、地盤応答に与える感度の大きいパラメータについて、各因子の感度の大きさに関する考察を実施する。

感度分析結果を踏まえた考察については、今後、他グループにおける感度分析結果も確認した上で実施し追記予定。

6. 各因子に対する分析・検討

本章においては、「4. 感度分析結果」及び「5. 各感度分析結果に対する考察」に基づき、感度の大きい因子に着目し、表層地盤部分のボーリング調査結果に基づく再評価及び解析的検討や、地震観測記録等に基づく減衰定数の分析等に係る検討を実施する。

上記分析・検討については現在実施中。他グループにおける感度分析結果も踏まえた結果として取りまとめ、追記予定。

7. まとめ

「5. 各感度分析結果に対する考察」を踏まえて追記予定。