

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-400-1 改1
提出年月日	平成30年5月10日

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-400-1【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】

平成30年5月

日本原子力発電株式会社

目 次

1. 概要.....	1
2. 地震応答解析モデル及び手法の比較.....	2

別紙 1-1 原子炉建屋の地盤接地状況と埋込みS Rモデルの適用性について

別紙 1-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルの変更について

別紙 1-3 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

別紙 2-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋で用いる有効入力動の適用性について

別紙 2-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルの変更について

別紙 2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルについて

下線：本日まで提出資料

別紙 1-3 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて

目 次

1. 概要.....	1
2. 原子炉建屋の概要.....	2
2.1 建屋概要.....	2
2.2 設置地盤の状況.....	6
3. 地震応答解析モデルに係る影響検討.....	8
3.1 概要.....	8
3.2 原子炉建屋内の地震計設置位置.....	9
3.3 建屋－地盤動的相互作用の評価法について.....	10
3.4 人工岩盤のモデル化について.....	23
3.5 側面回転ばねの扱いについて.....	35
4. シミュレーション解析結果を踏まえた施設影響.....	47
5. まとめ.....	58

1. 概要

原子炉建屋の地震応答解析モデル（以下「R/B 今回工認モデル」という。）は、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）のシミュレーション解析結果を踏まえて設定している。

本資料は、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析として実施した基礎底面の人工岩盤のモデル化方法及び側面地盤ばねの扱いについての影響検討結果を説明するものである。

2. 原子炉建屋の概要

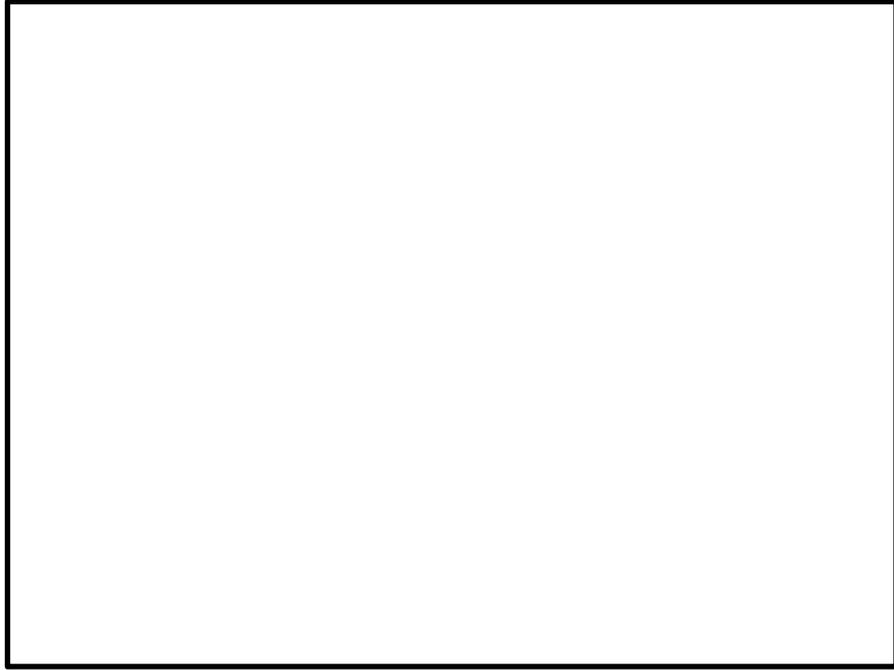
2.1 建屋概要

原子炉建屋は、地下2階、地上6階の鉄筋コンクリート造の建物である。

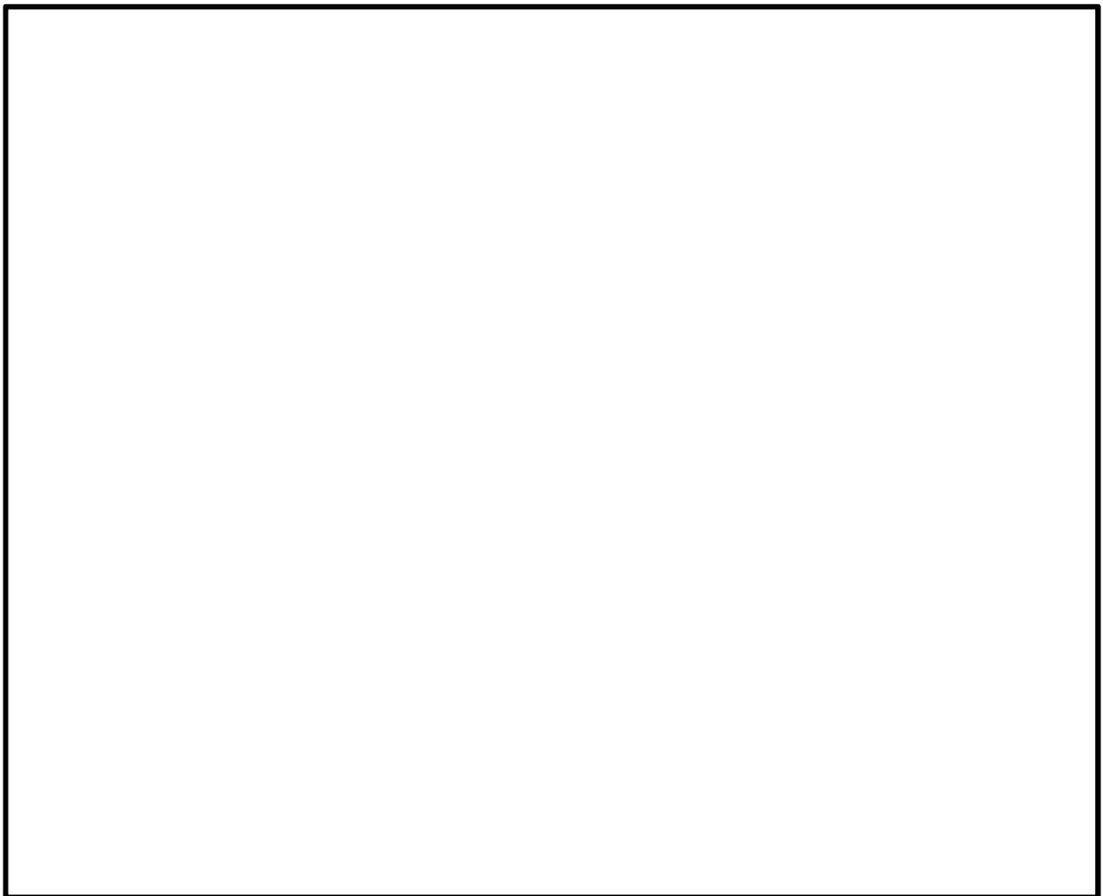
建物の中央部には原子炉格納容器を収納する原子炉棟があり、その周囲に付属棟を配置している。原子炉建屋の概要を図2-1及び図2-2に、使用材料を表2-1に示す。

原子炉棟と付属棟とは同一基礎スラブ上に設置した一体構造であり、原子炉建屋の平面は、地下部分は約67 m×約67 m、地上部分は一部を除き約41 m×約44 mの矩形をしている。基礎底面からの高さは約73 mであり、地上高さは約56 mである。

原子炉建屋の基礎は、平面が約67 m×約67 m、厚さ5 mのべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。

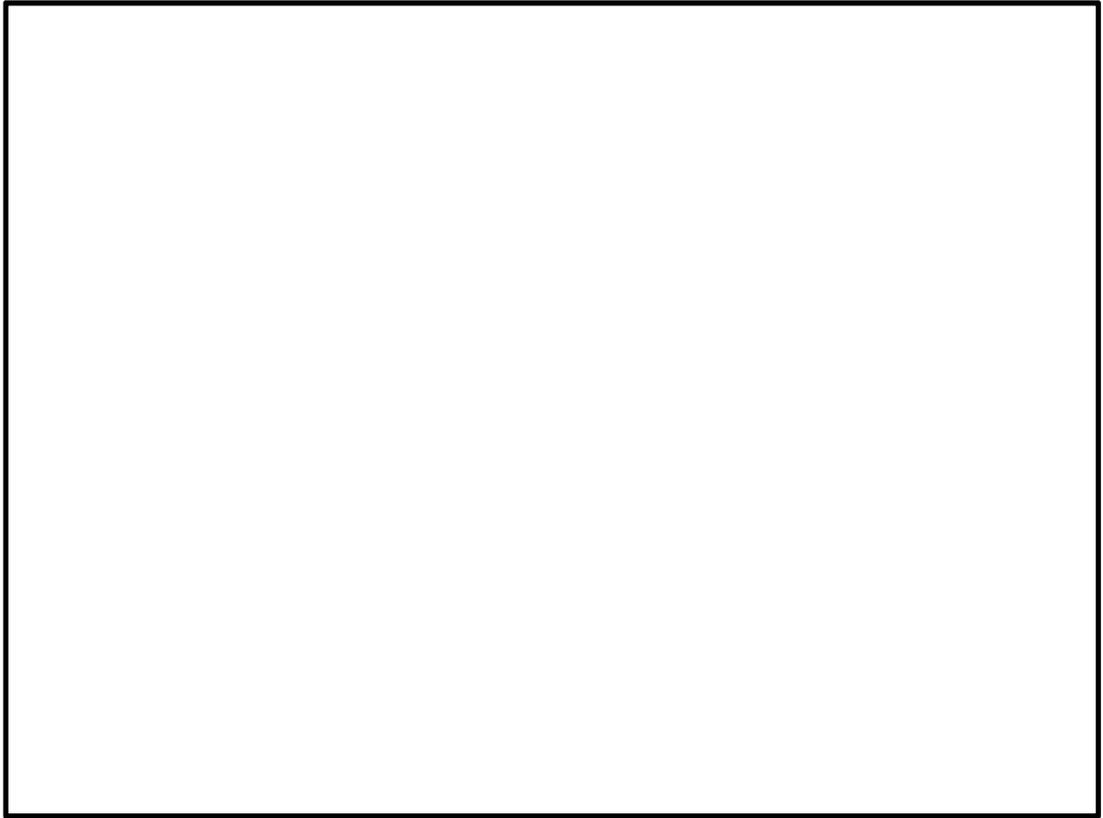


(EL. 46.5 m)

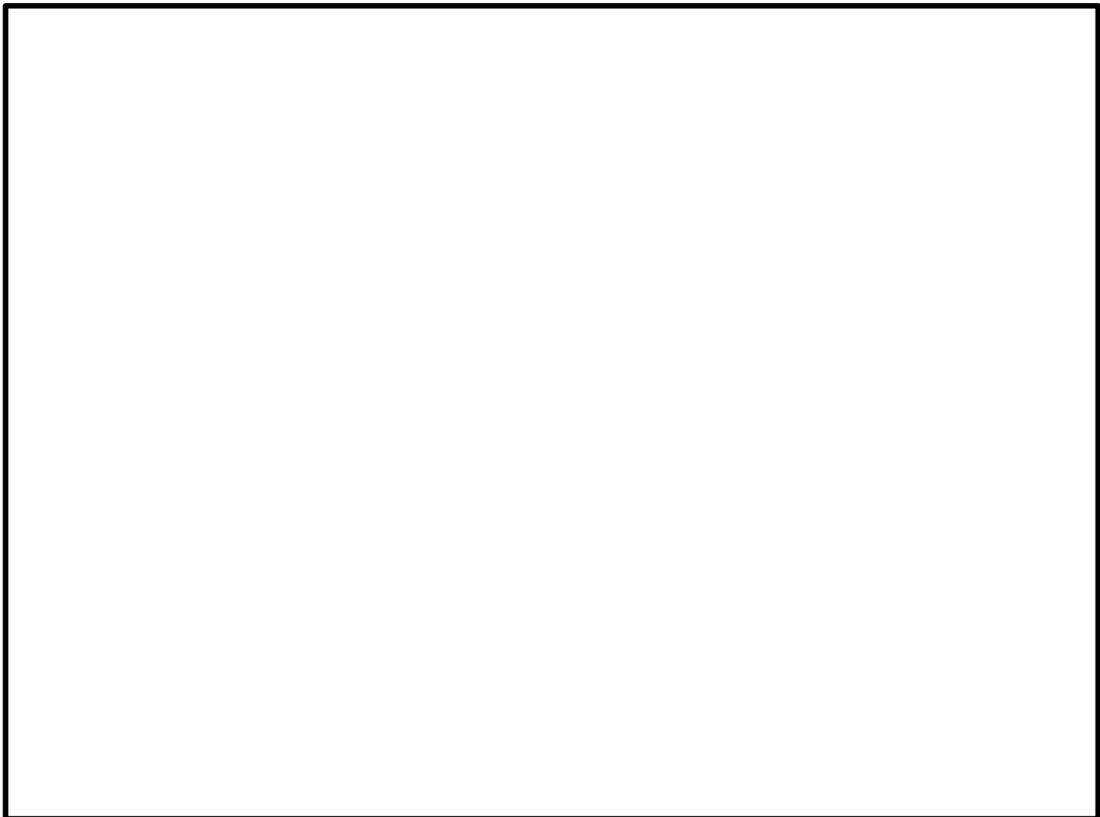


(EL. -4.0 m)

図 2-1 原子炉建屋の概要 (平面図)



(A-A 断面)



(B-B 断面)

図 2-2 原子炉建屋の概要 (断面図)

表 2-1 原子炉建屋の使用材料※1

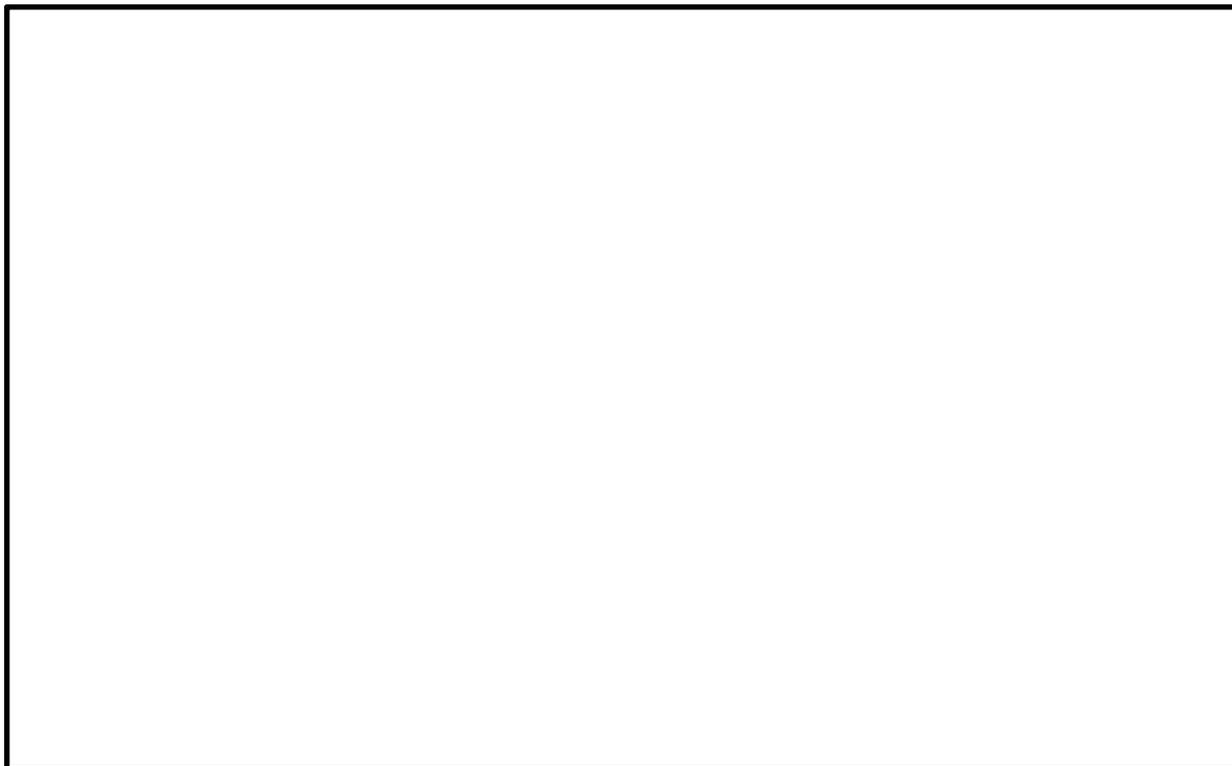
部位	設計基準強度		単位体積重量	ポアソン比	ヤング係数	せん断弾性係数
	Fc (kgf/cm ²)	Fc※2 (N/mm ²)	γ (kN/m ³)	ν	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)
建屋	225	22.1	24.0	0.2	2.21×10 ⁴	9.21×10 ³
人工岩盤	140	13.7	23.0	0.2	1.88×10 ⁴	7.83×10 ³
鋼材	—	—	77.1	0.3	2.05×10 ⁵	7.9 ×10 ⁴

※1 使用材料については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法— (1999)」,「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (2005)」及び「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (2005)」に準拠した。

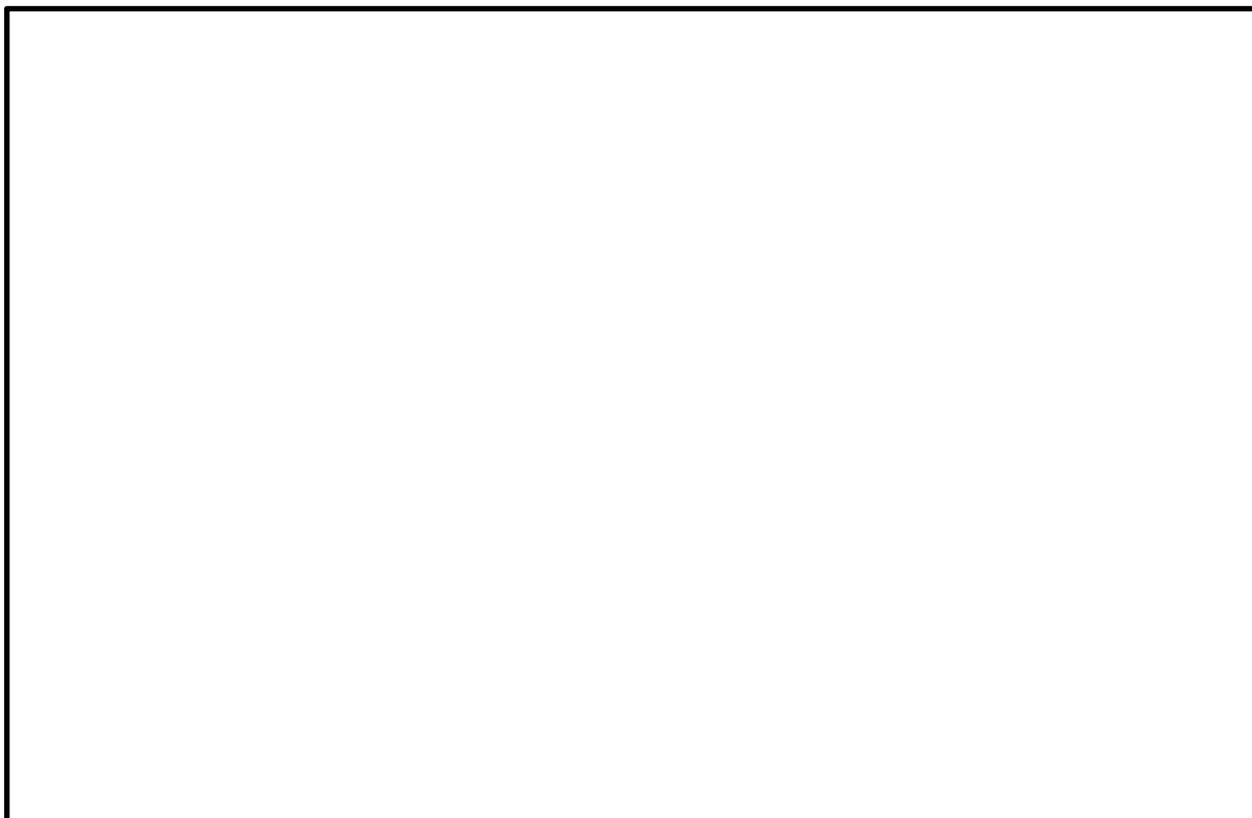
※2 Fc は 9.80665 m/s²を用いて換算した。

2.2 設置地盤の状況

原子炉建屋はコンクリート造の人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着している。原子炉建屋の設置状況及び埋込み状況を図 2-3 の原子炉建屋設置地盤断面図に示す。



(NS 方向)



(EW 方向)

图 2-3 原子炉建屋設置地盤断面图

3. 地震応答解析モデルに係る影響検討

3.1 概要

東海第二発電所原子炉建屋の基礎はコンクリート造の人工岩盤を介して支持地盤である久米層に設置している。また、原子炉建屋の基礎下端は EL. -9 m であり、地表面 (EL. 8 m) から 17 m 地中に埋め込まれている。

建設当時の工認（以下「建設工認」という。）では、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（(社)日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。）制定前であったため、解放基盤表面という概念が無く、地盤応答解析を介さずに人工岩盤下端に設計波を直接入力していた。そのため人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し、建屋と側面地盤の相互作用は考慮していなかった。

R/B 今回工認モデルを検討するにあたり、「J E A G 4 6 0 1 -1987」及び原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（(社)日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）には、基礎底面の人工岩盤のモデル化方法及び側面回転地盤ばねの扱いについて明確に表記されていないため、東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析を行い、人工岩盤のモデル化の影響と建屋と側面地盤との相互作用の影響評価を行った。

3.2 原子炉建屋内の地震計設置位置

原子炉建屋には、地震時の基本的な振動性状を把握する目的で偶数階に各階1台の地震計を設置している。また、基礎上(地下2階)には更に4台の地震計を設置している。

原子炉建屋の地震計設置位置を図3-1に示す。

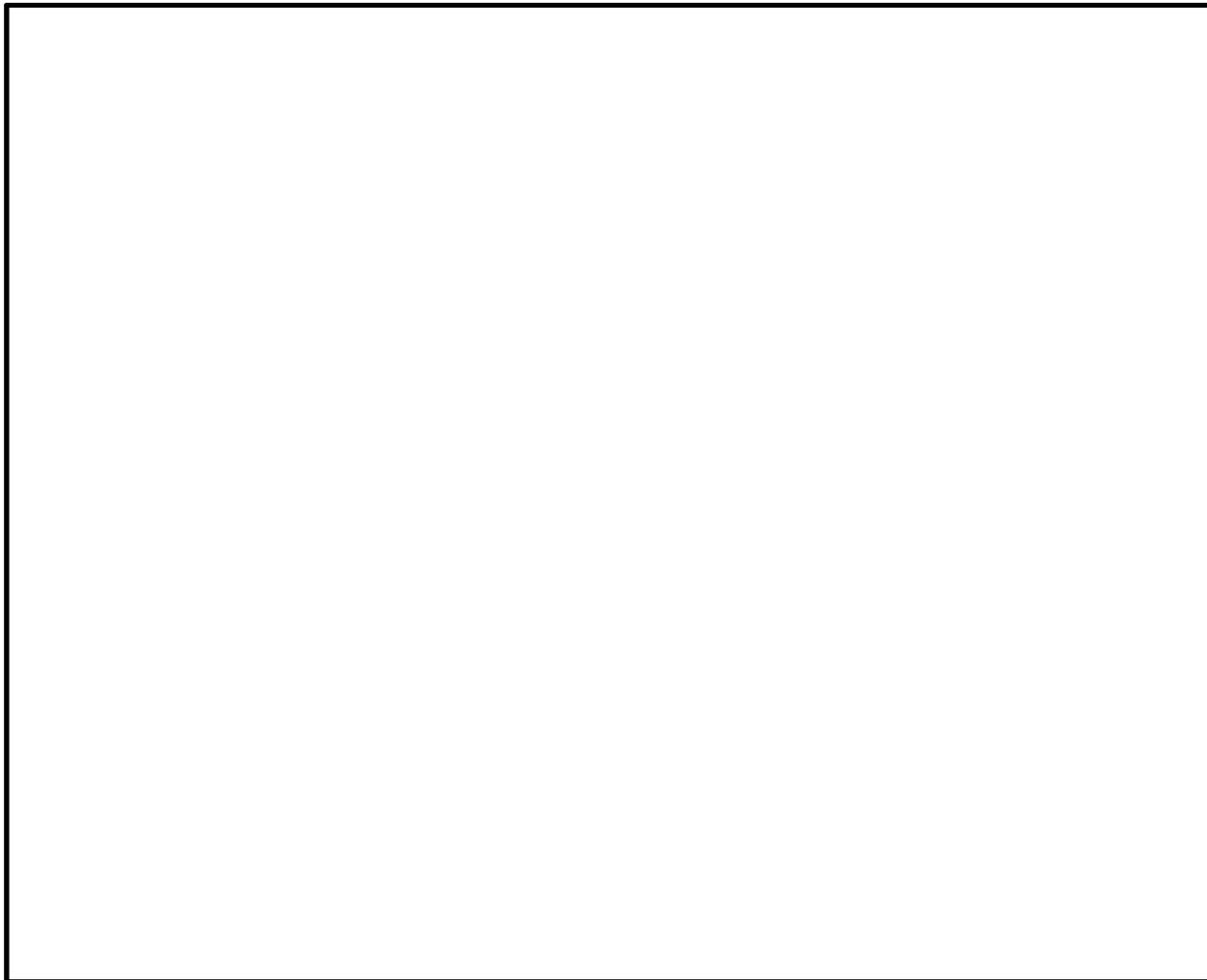


図3-1 原子炉建屋の地震計設置位置

3.3 建屋－地盤動的相互作用の評価法について

建設工認では、埋込み効果を見捨てた、スウェイ・ロッキングモデル（以下「SRモデル」という。）として、建屋と地盤の相互作用を考慮している。

本資料では、はじめに、建設工認に用いたSRモデルと側面地盤による回転拘束を含む埋込み効果を考慮した埋込みSRモデルを用いて東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析を行い、建屋の振動性状を比較した。解析に用いたSRモデルによる地震応答解析の概要を図3-2に、埋込みSRモデルによる地震応答解析の概要を図3-3に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として、両者の最大応答加速度分布の比較を図3-4及び図3-5に、床応答スペクトルの比較を図3-6及び図3-7に示す。これらの解析結果より埋込みSRモデルを用いた方が、SRモデルを用いた場合に比べ、観測記録との整合が改善しており、より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられる。

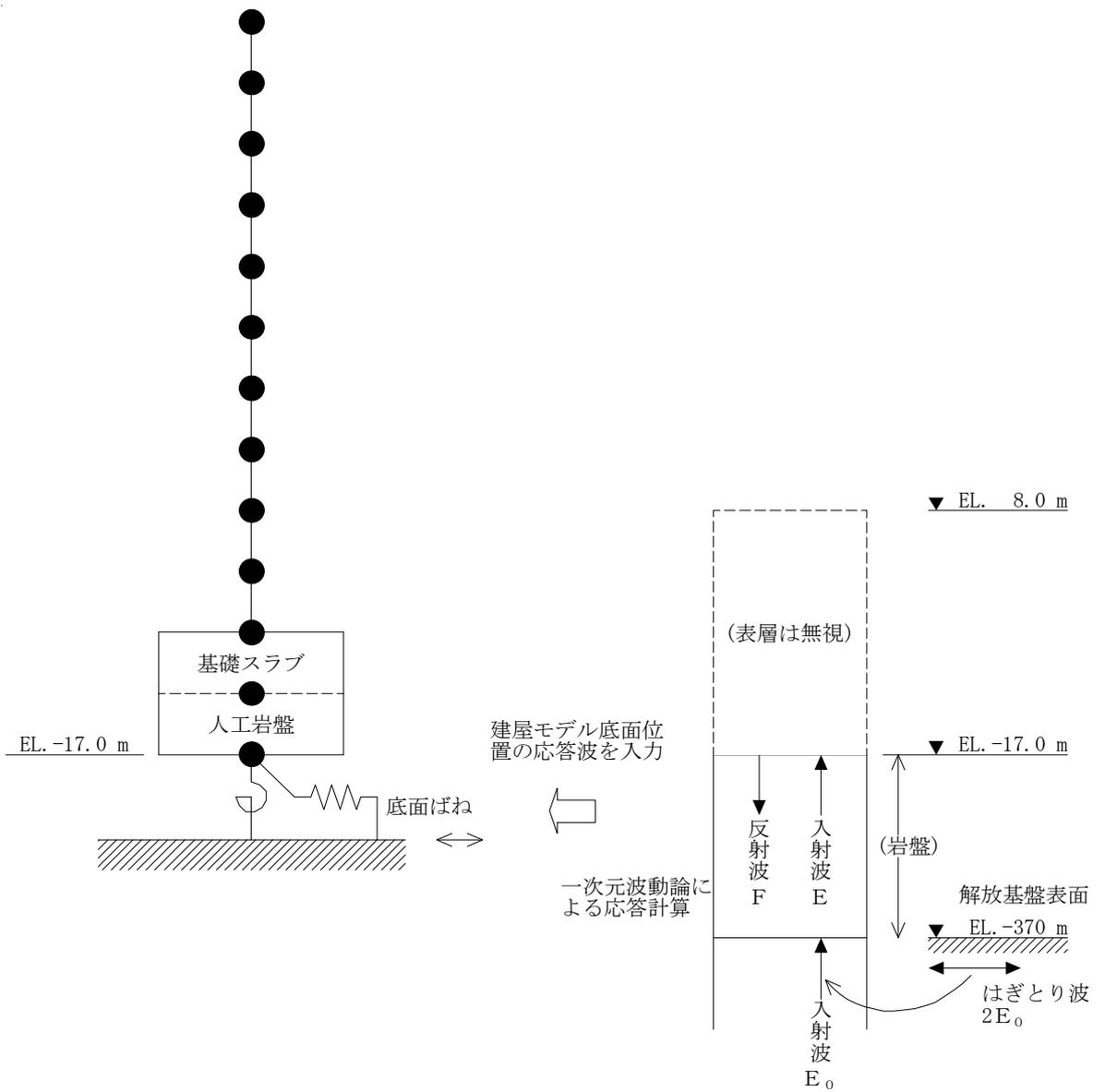


図 3-2 SRモデルによる地震応答解析の概要

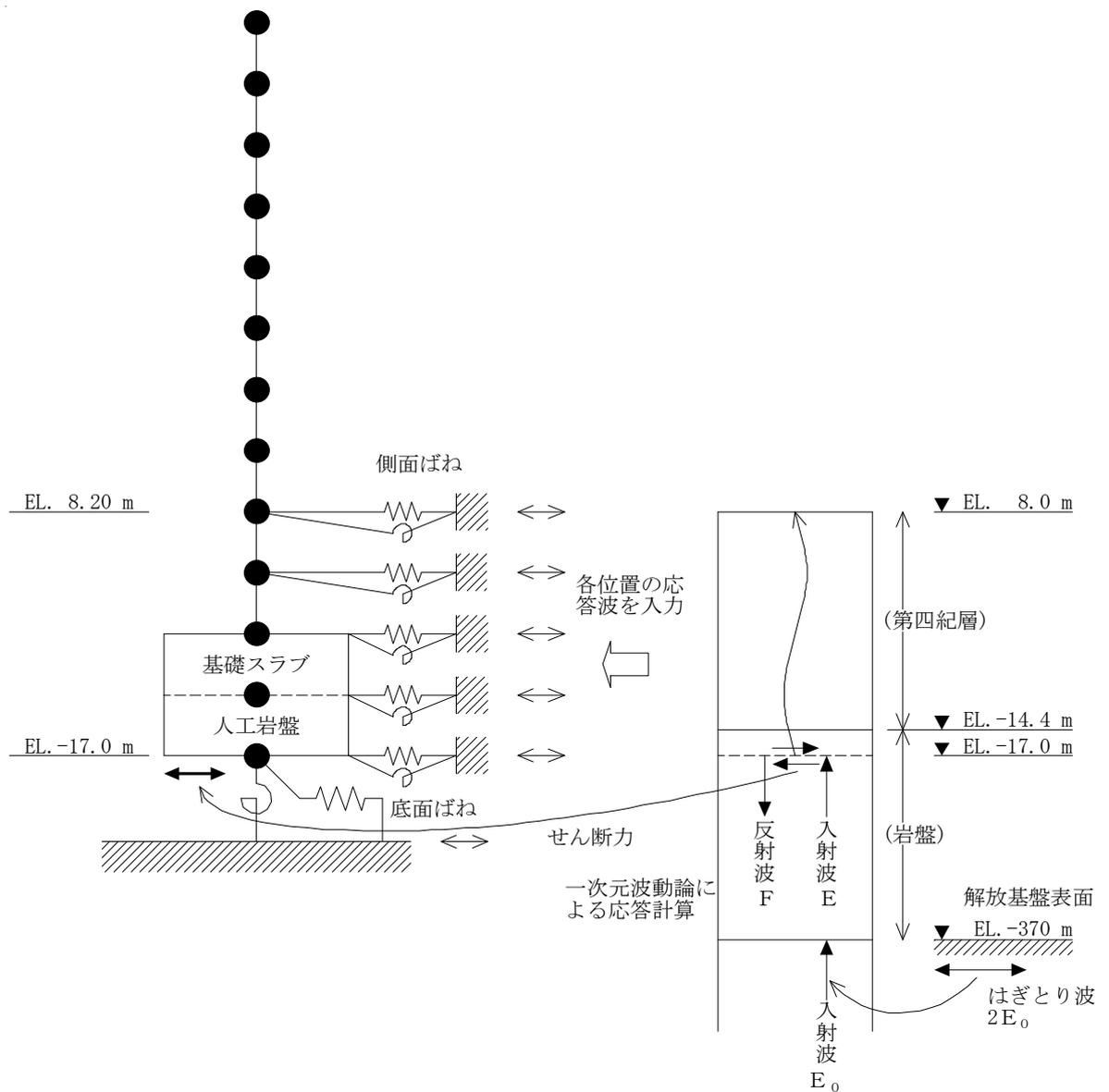


図 3-3 埋込みSRモデルによる地震応答解析の概要

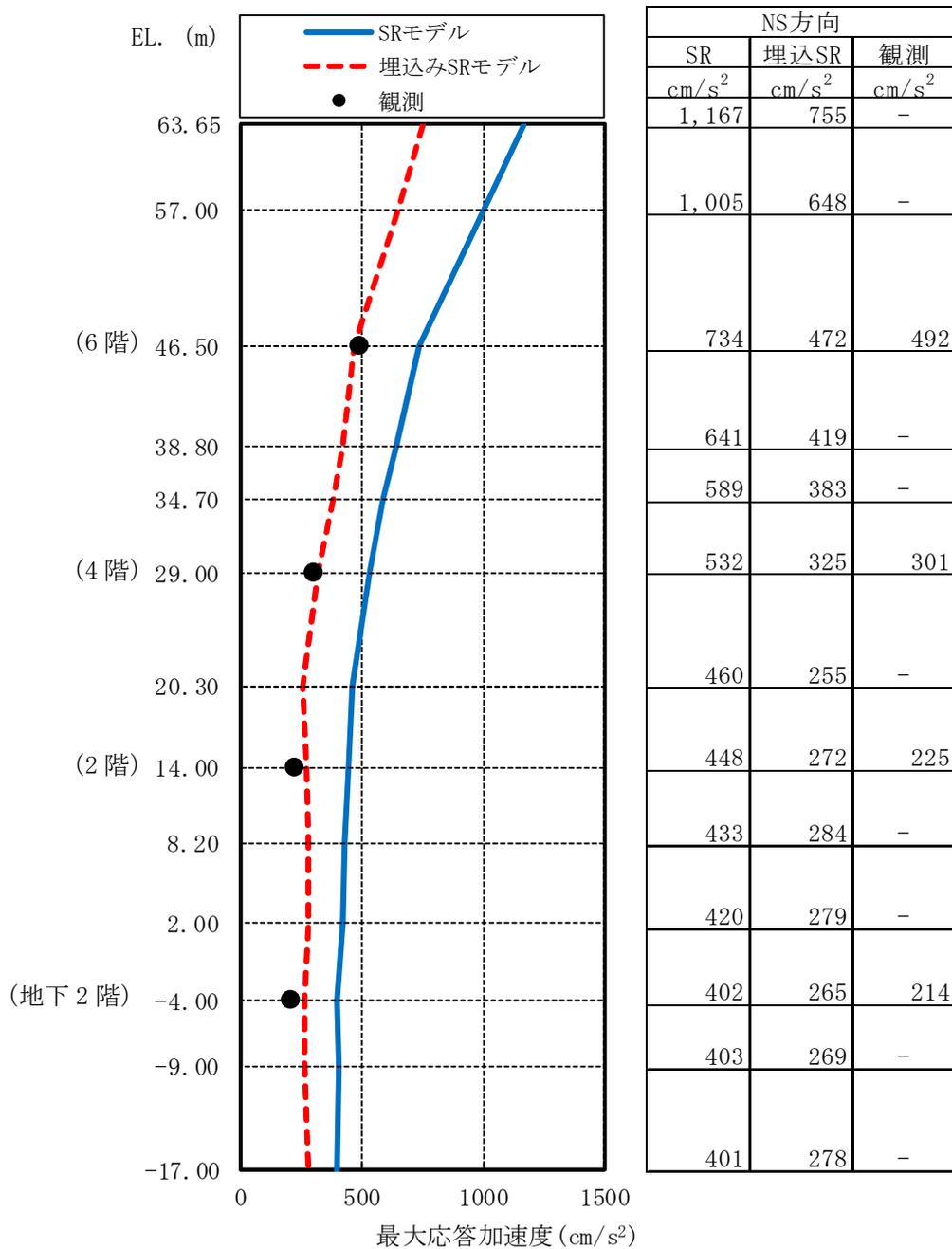


図 3-4 最大応答加速度分布の比較 (NS 方向)

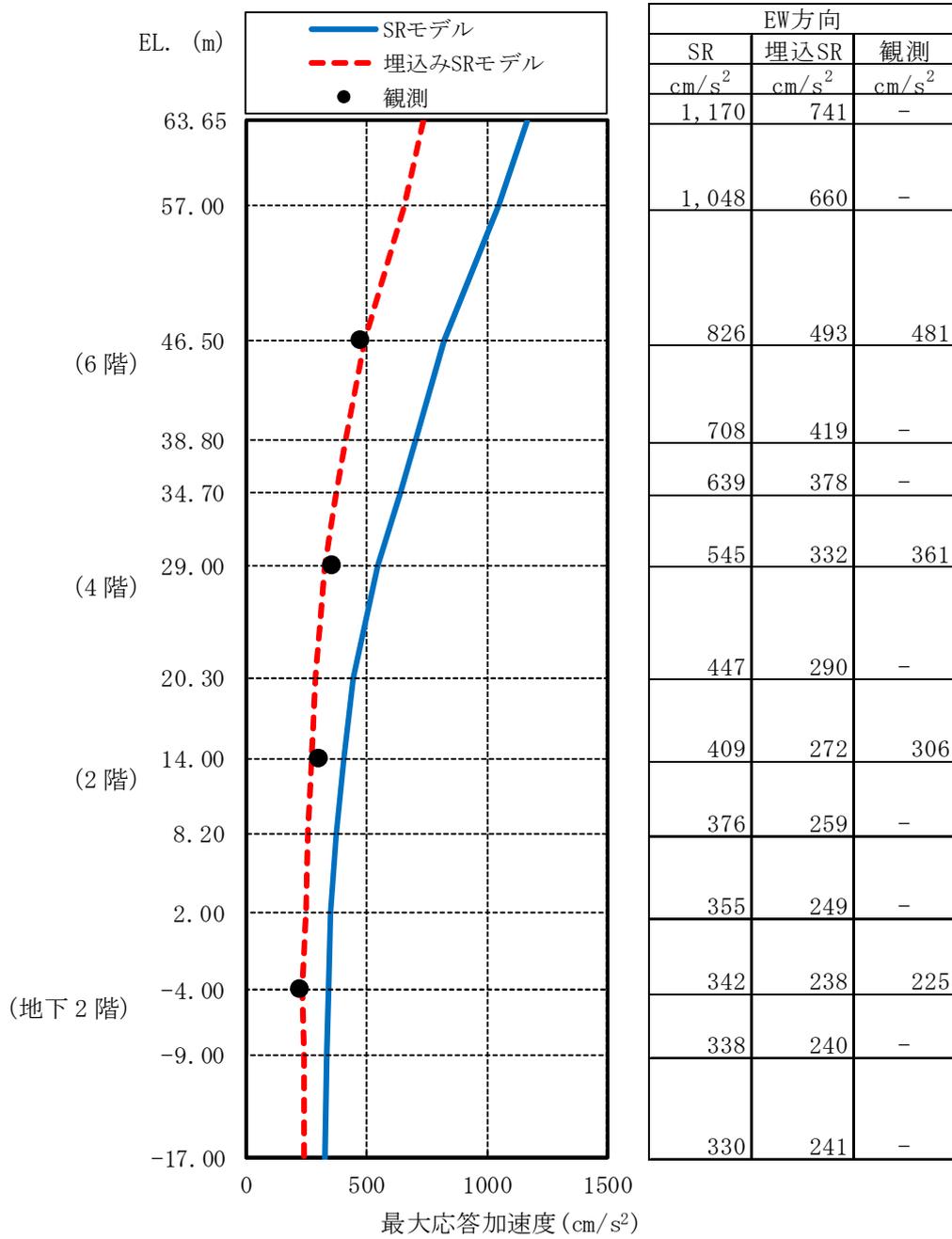
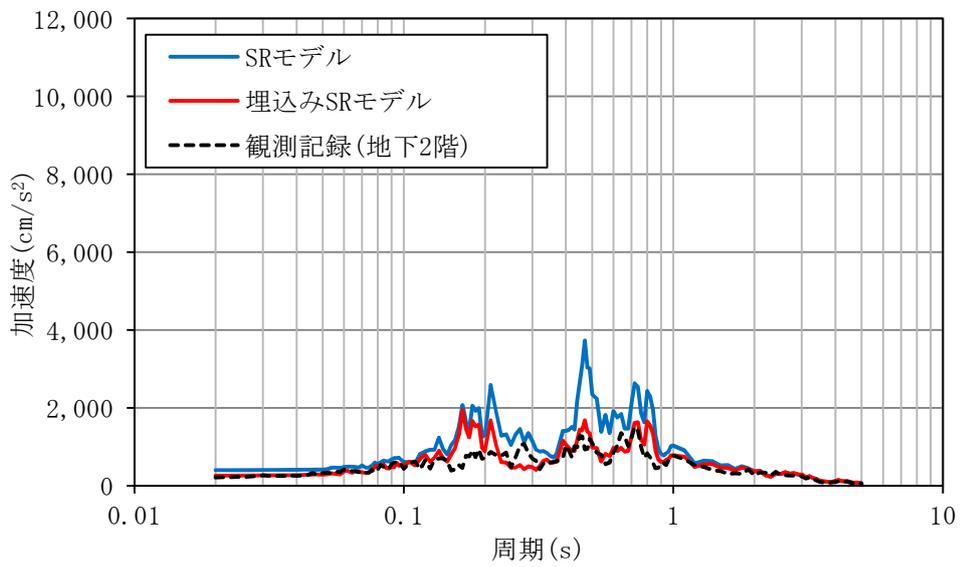
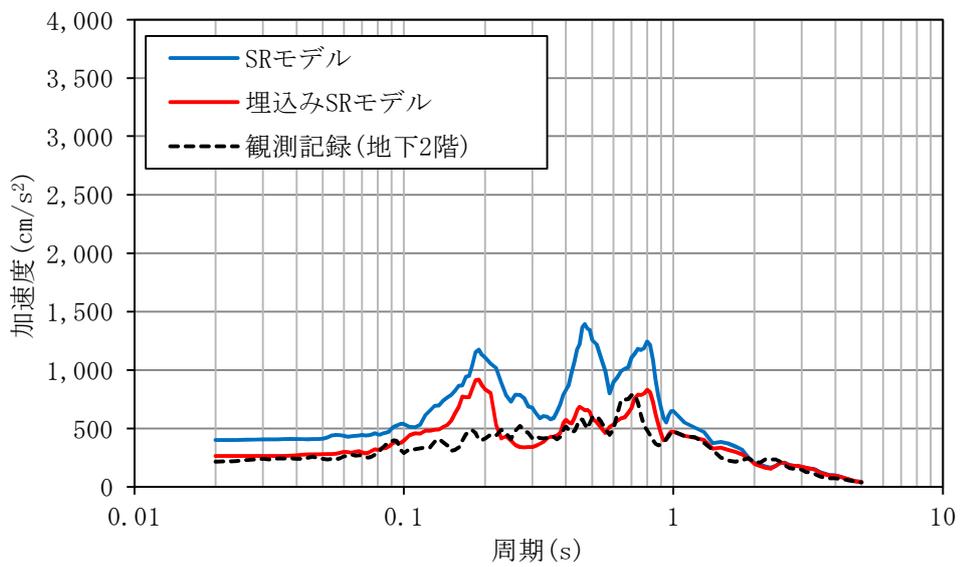


図 3-5 最大応答加速度分布の比較 (EW 方向)



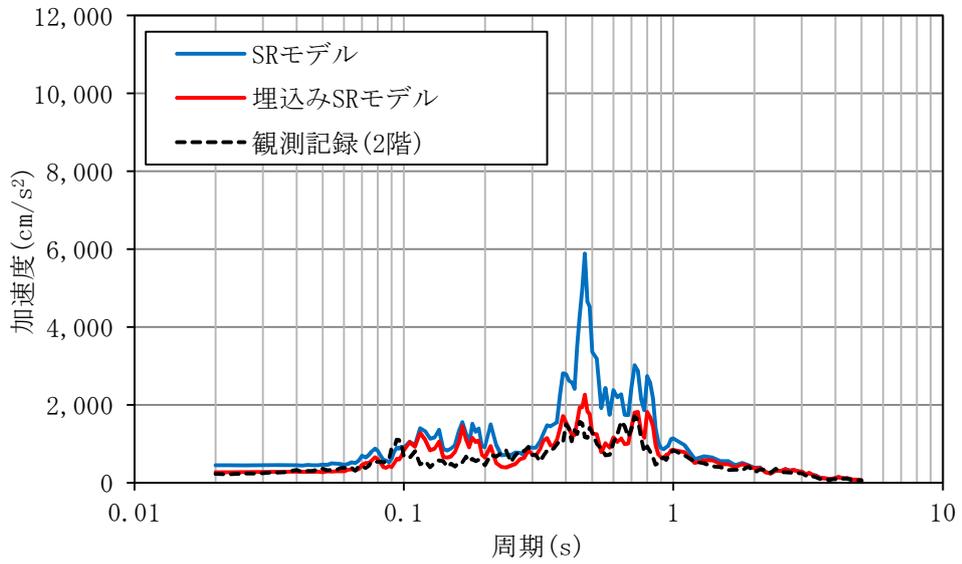
$h=1\%$



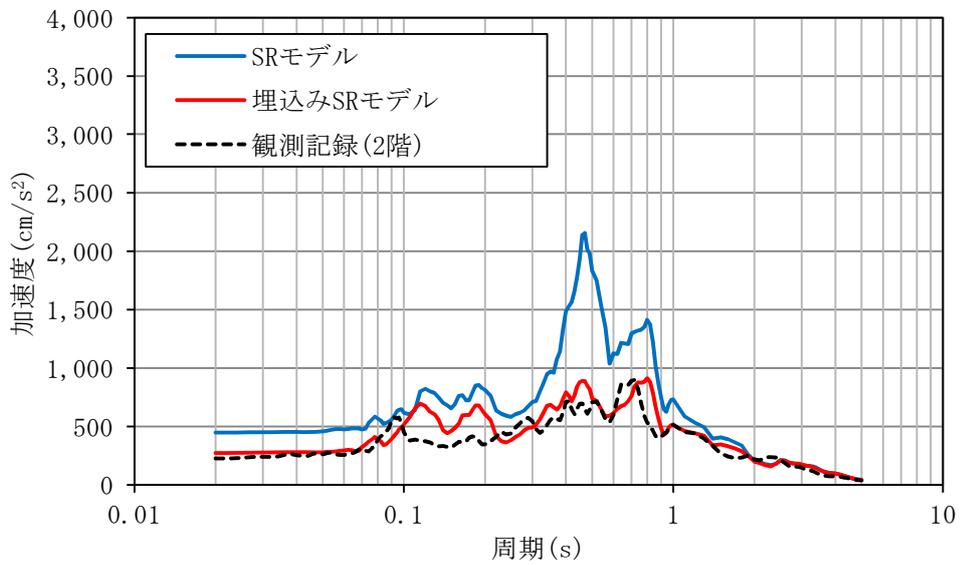
$h=5\%$

地下2階

図3-6 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (NS方向)



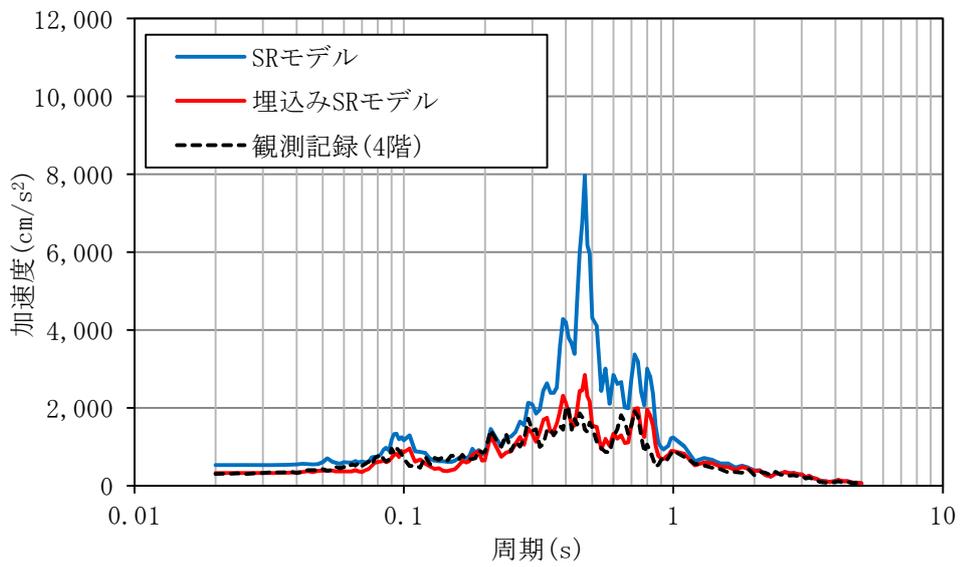
h=1%



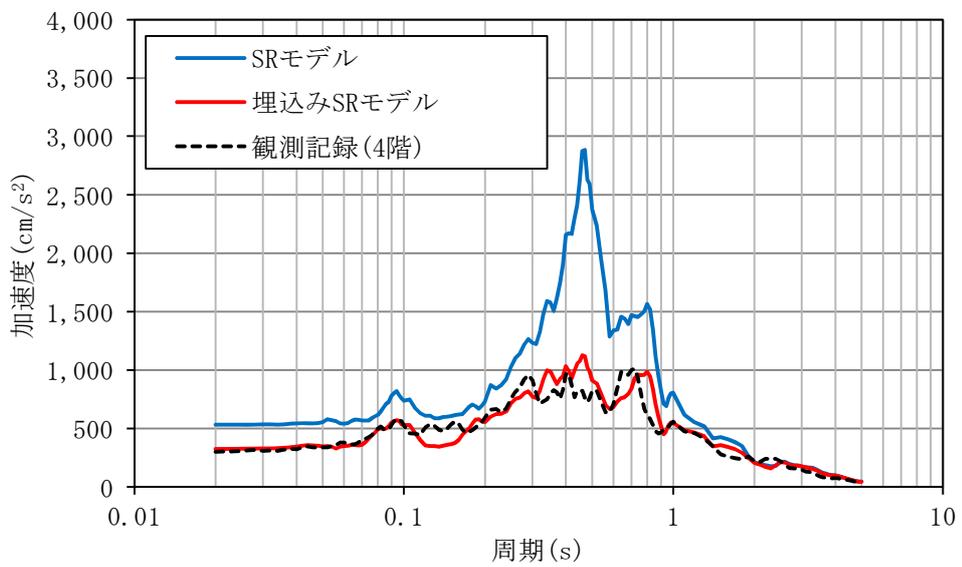
h=5%

2階

図 3-6 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



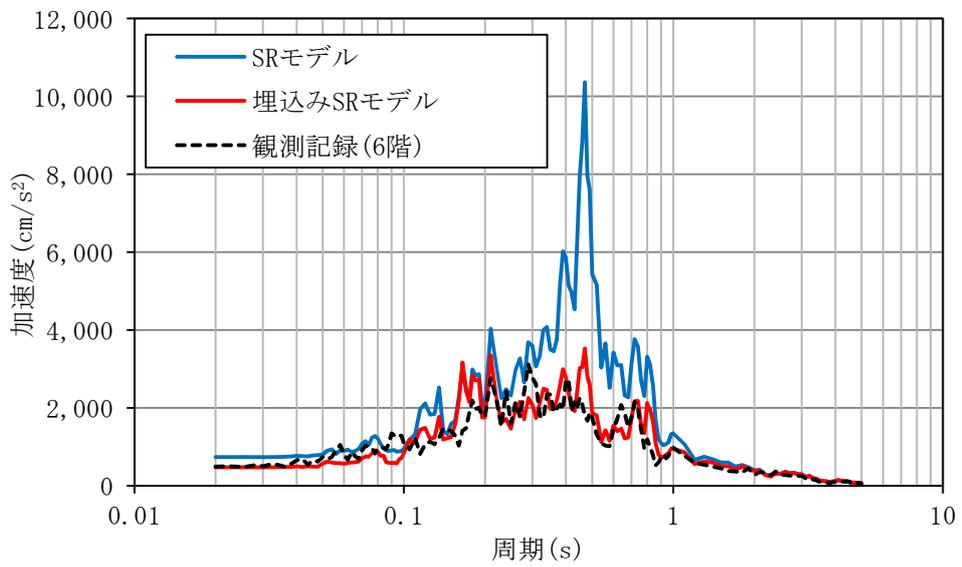
h=1%



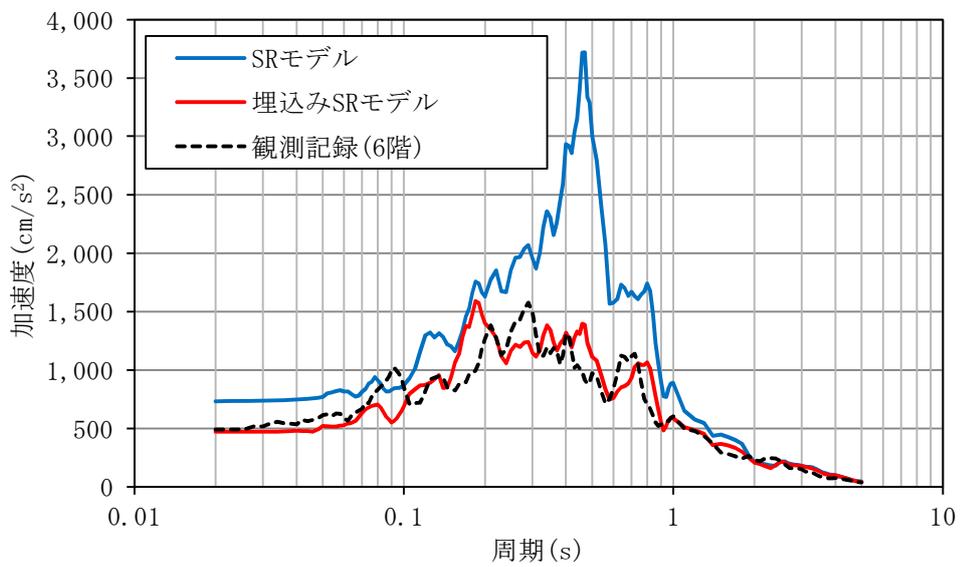
h=5%

4階

図 3-6 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



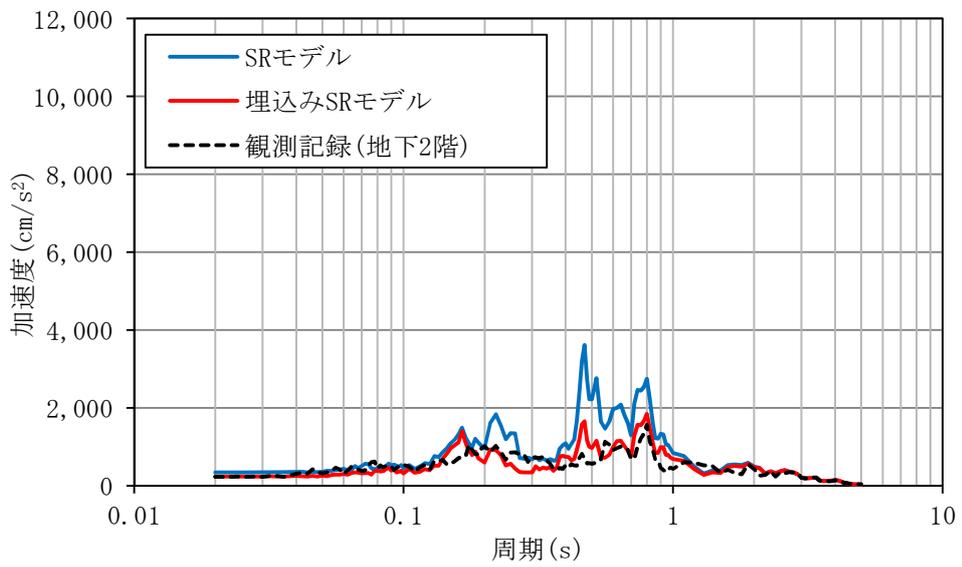
h=1%



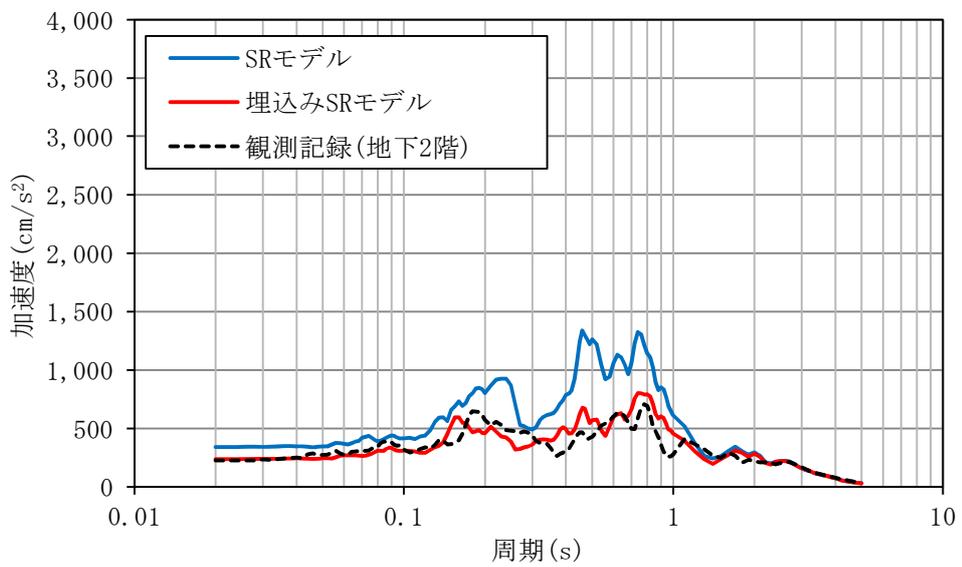
h=5%

6階

図 3-6 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



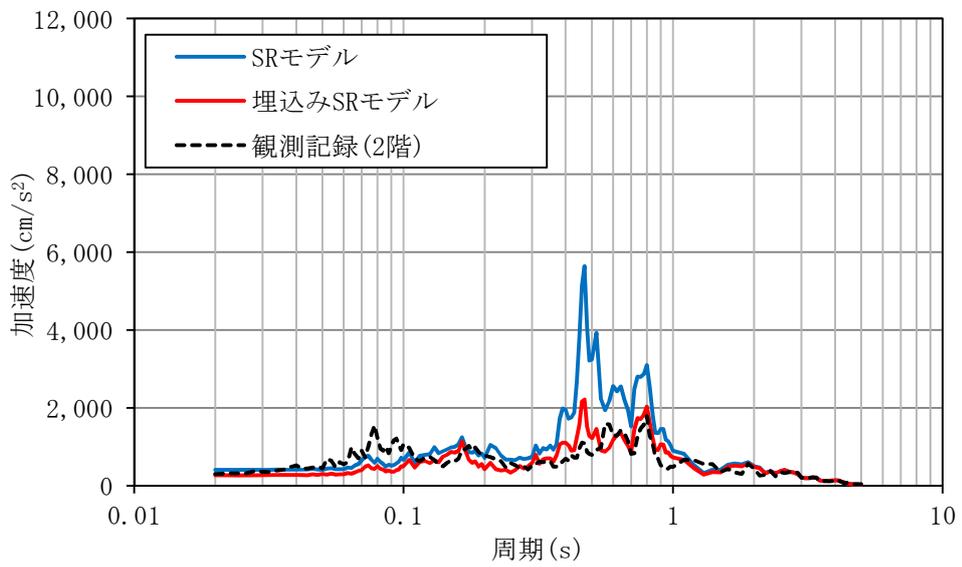
$h=1\%$



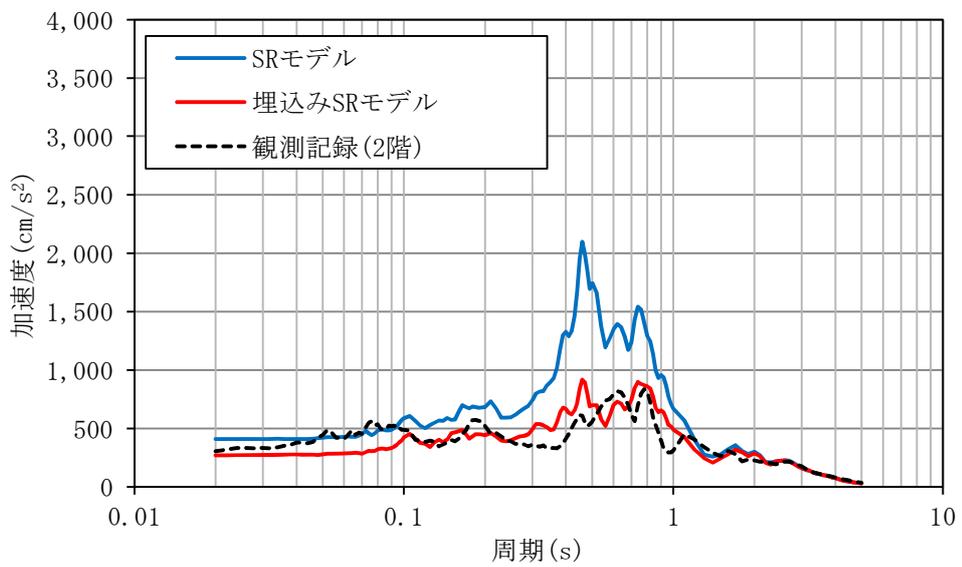
$h=5\%$

地下2階

図3-7 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



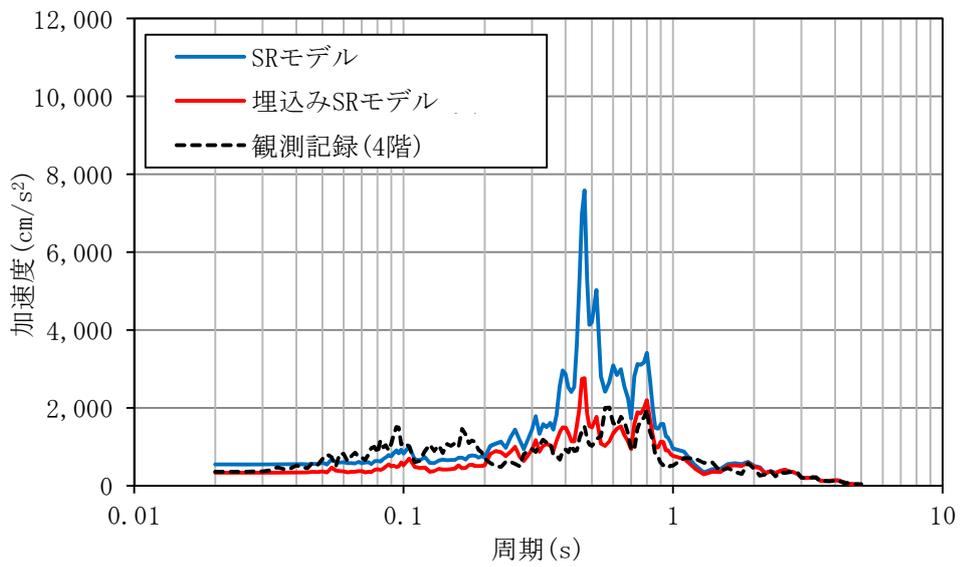
$h=1\%$



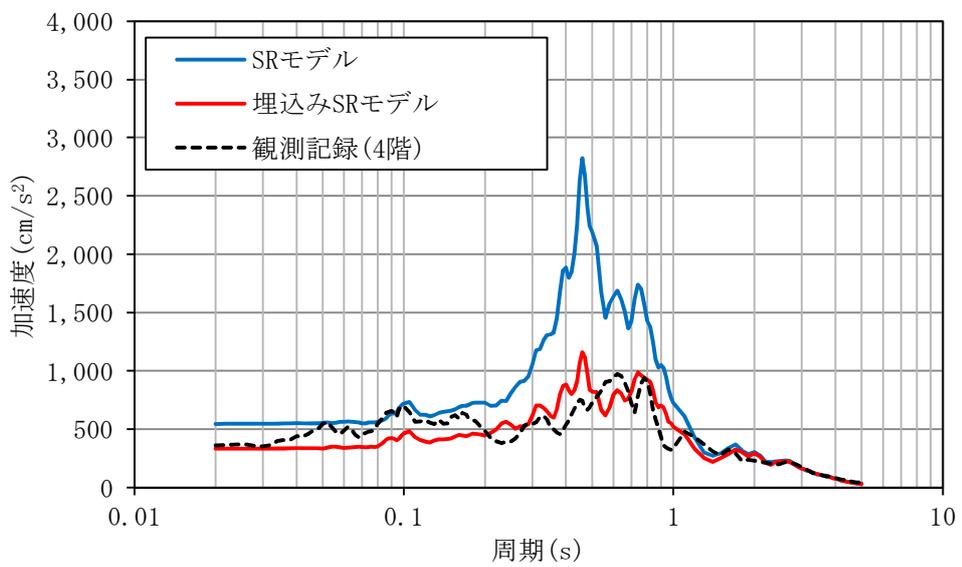
$h=5\%$

2階

図 3-7 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



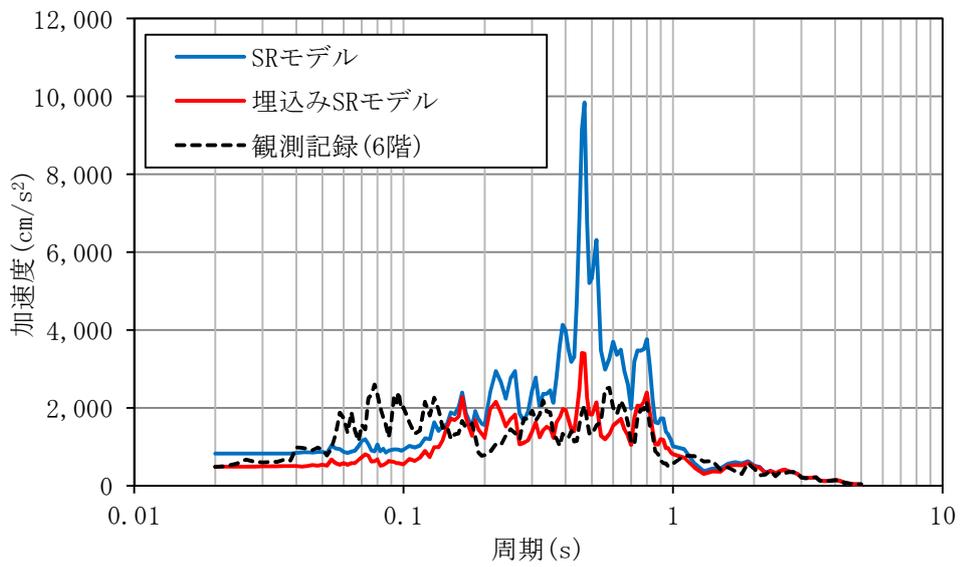
$h=1\%$



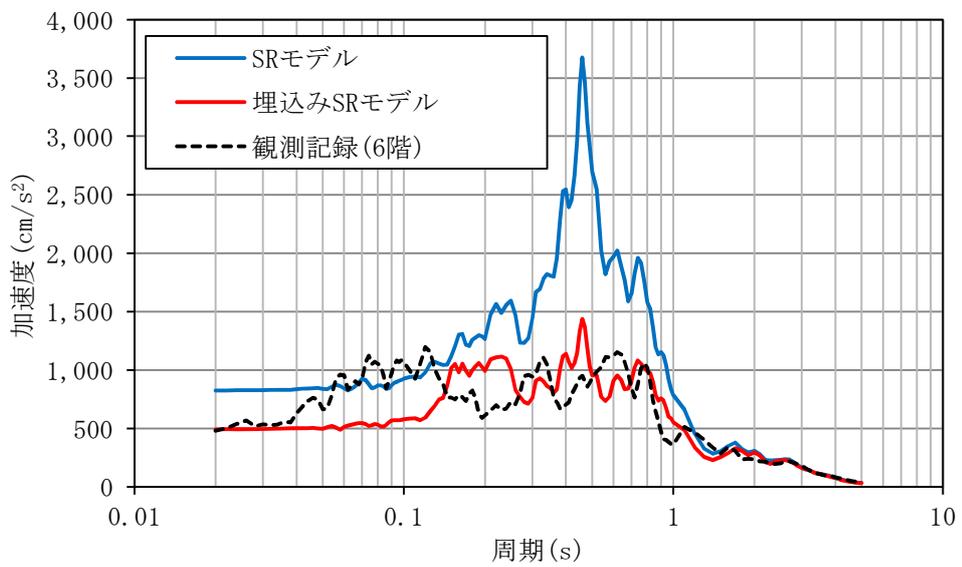
$h=5\%$

4階

図 3-7 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



h=1%



h=5%

6階

図 3-7 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)

3.4 人工岩盤のモデル化について

建設工認では、人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し、地震応答解析を行っていたが、ここでは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合の建屋応答への影響について検討した。

人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要を図3-8に示す。ここで、基礎底面の地盤ばね及び入力動の算定に用いる地盤モデルは、基礎底面レベルであるEL. -9.0mまで砂質泥岩である久米層の物性と同等として設定した。また、比較検討には、前章にも用いた実状に近い建屋の振動性状を評価できている埋込みSRモデルを用いた。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図3-9及び図3-10に、床応答スペクトルの比較を図3-11及び図3-12に示す。人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合は、建屋モデル側にモデル化した場合の応答に比べ、概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。そのためR/B今回工認モデルでは、保守的に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する方針とした。

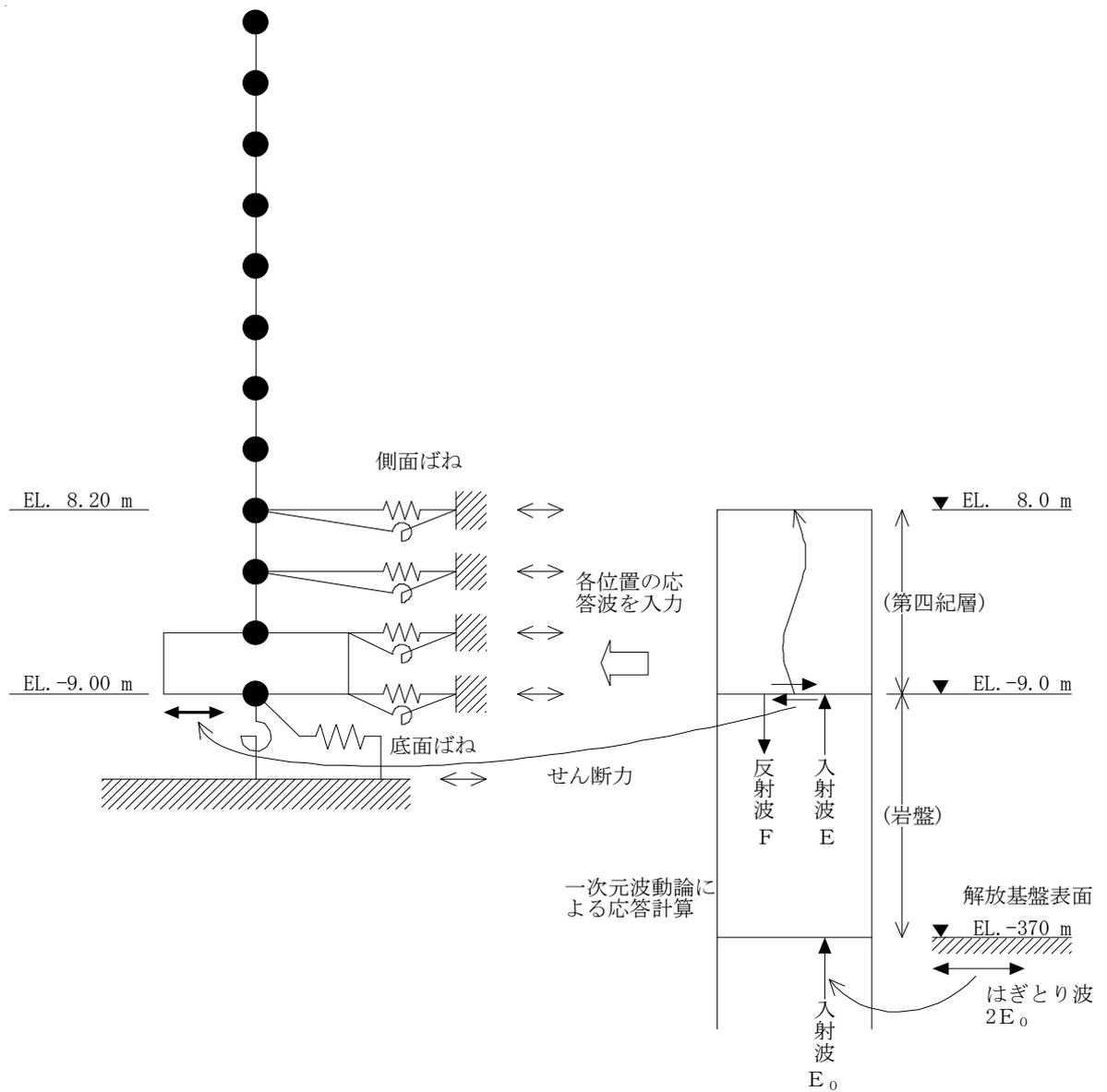


図 3-8 人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要

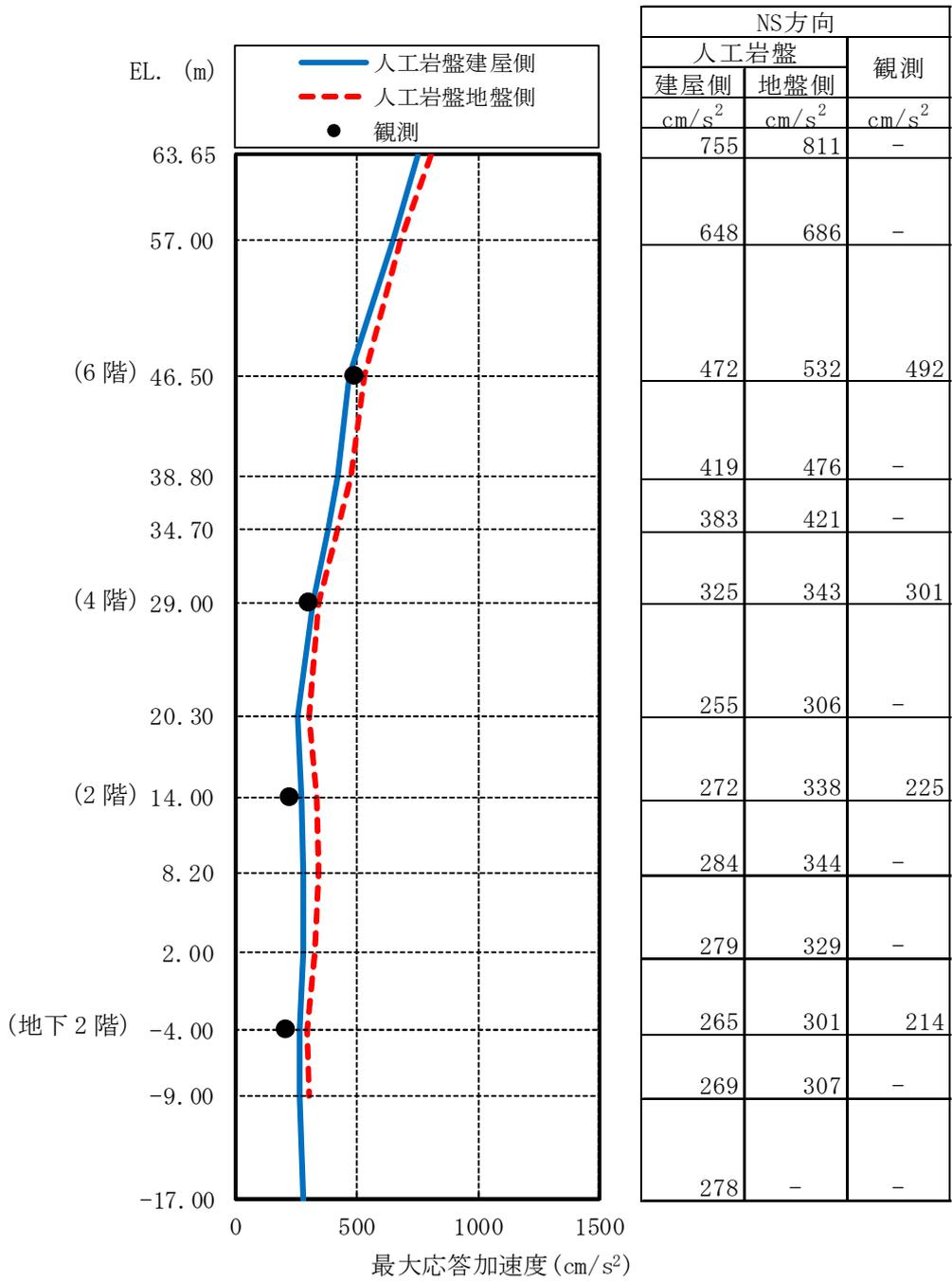


図 3-9 最大応答加速度分布の比較 (NS 方向)

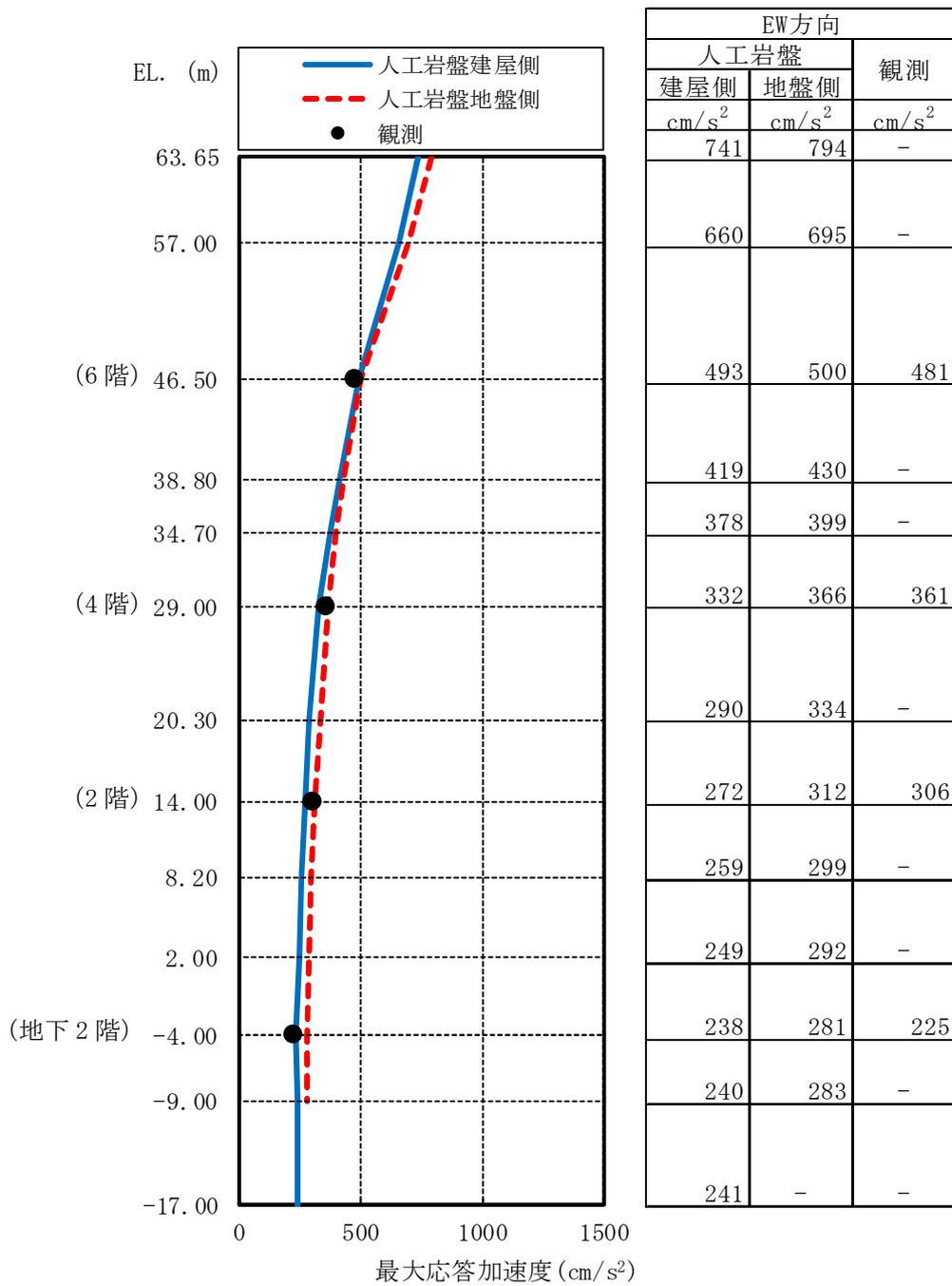
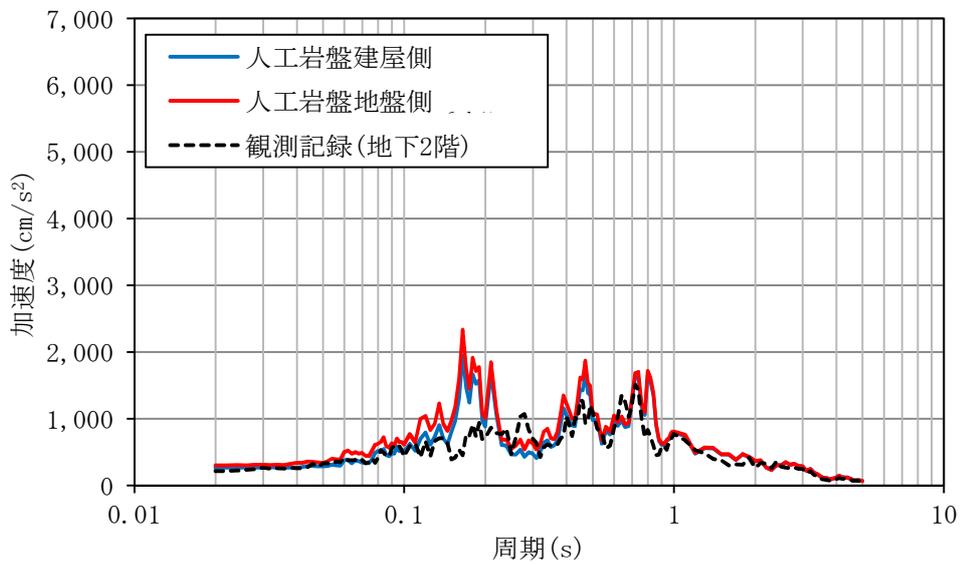
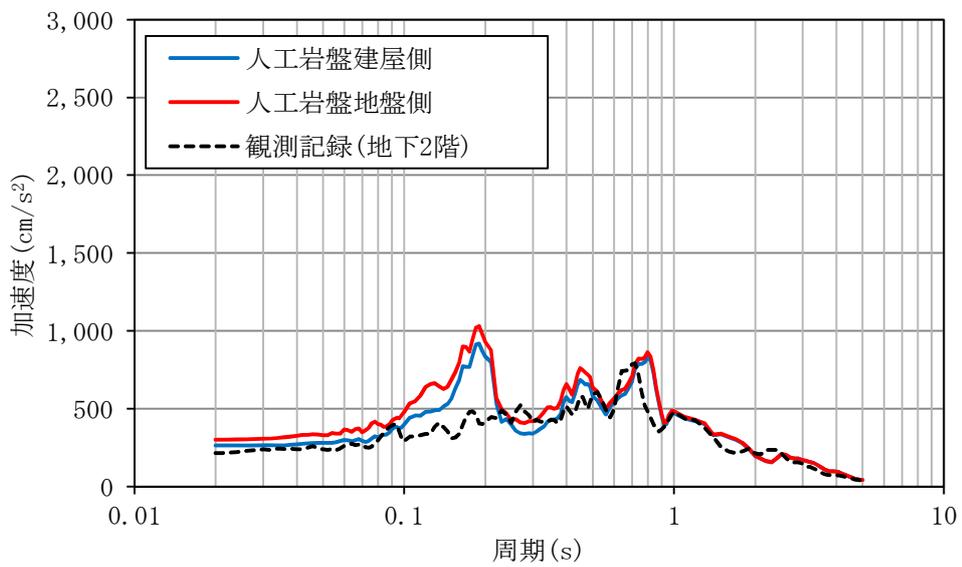


図 3-10 最大応答加速度分布の比較 (EW 方向)



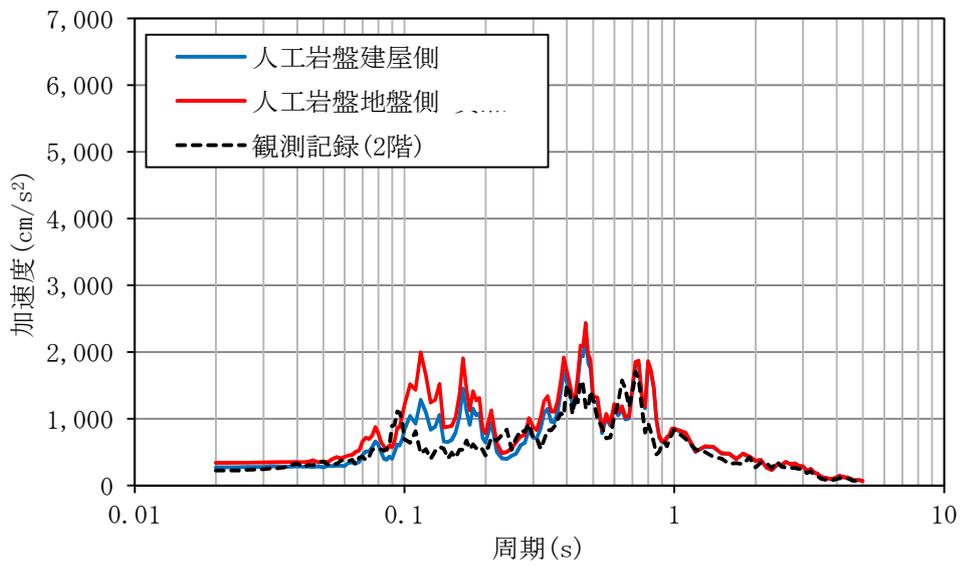
h=1%



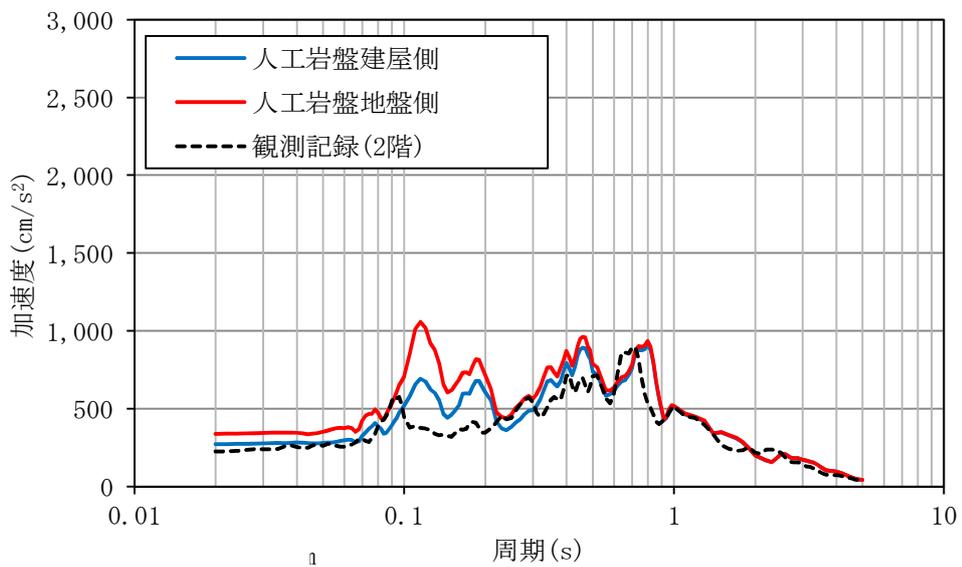
h=5%

地下2階

図3-11 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (NS方向)



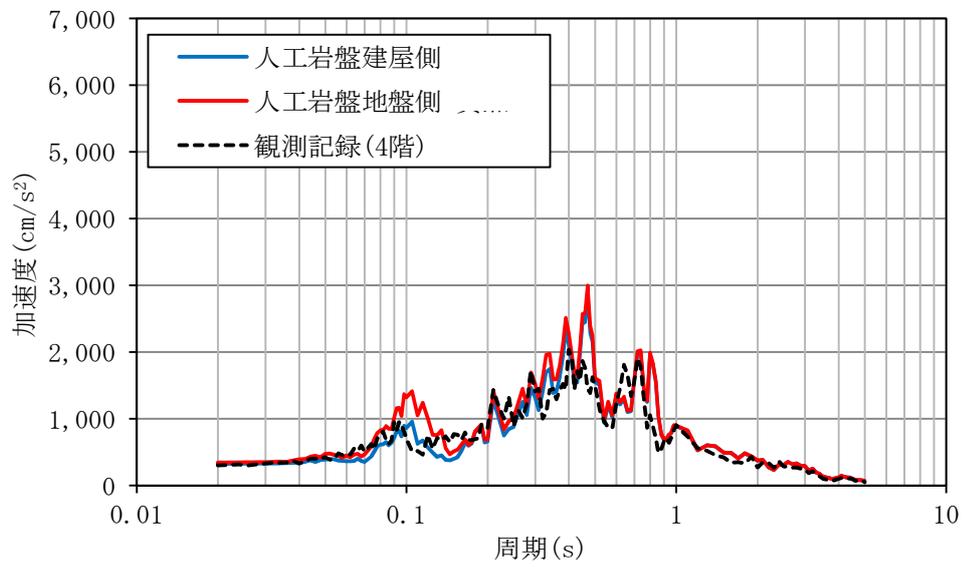
h=1%



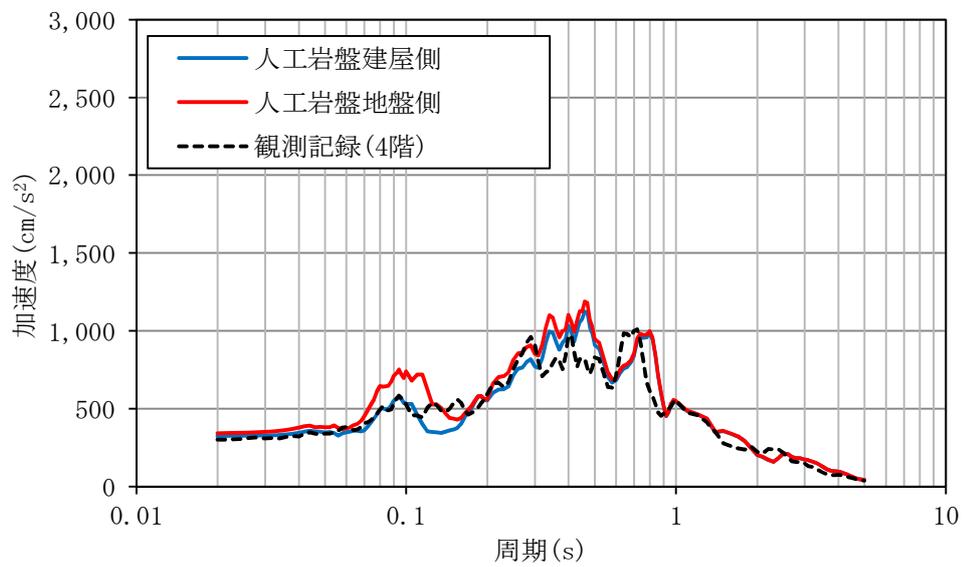
h=5%

2階

図 3-11 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



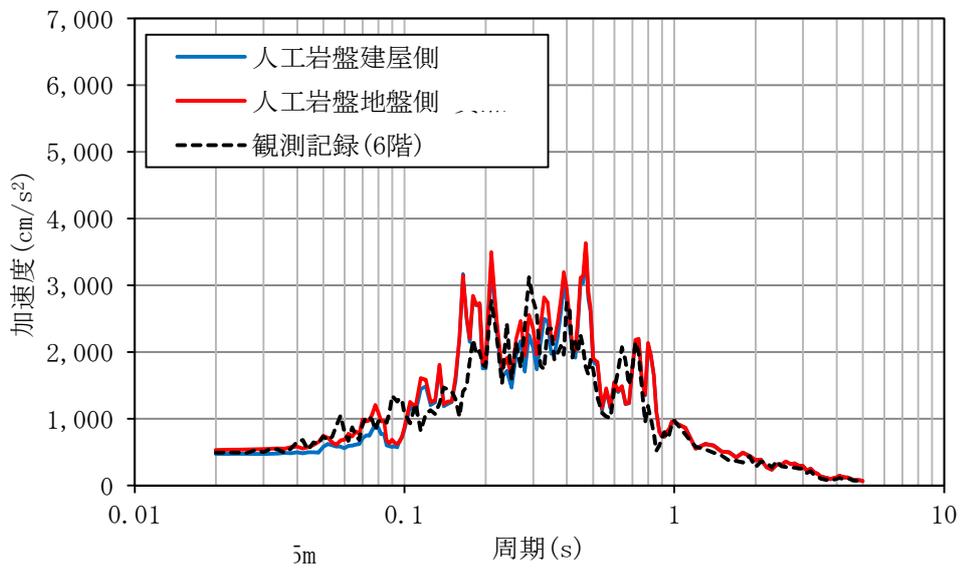
$h=1\%$



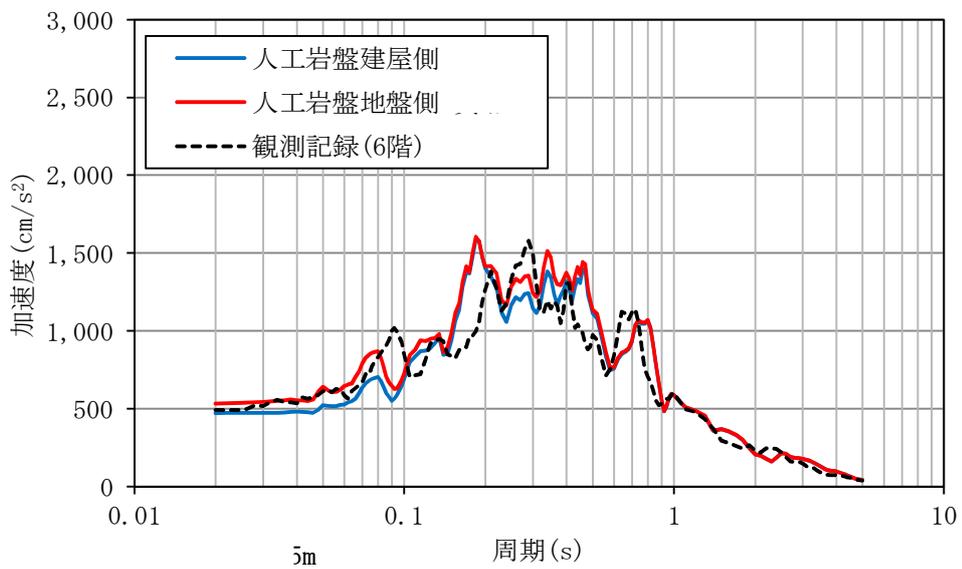
$h=5\%$

4階

図 3-11 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



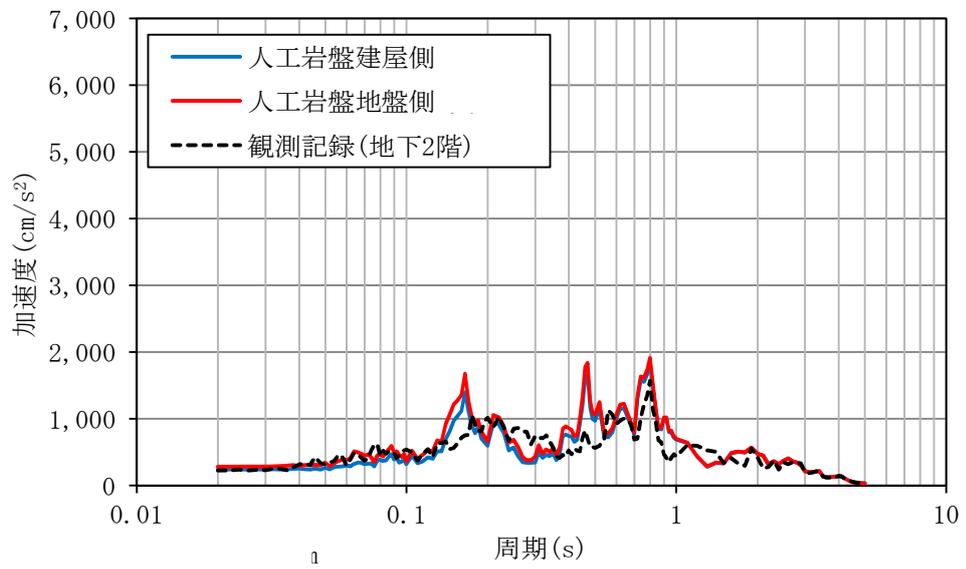
h=1%



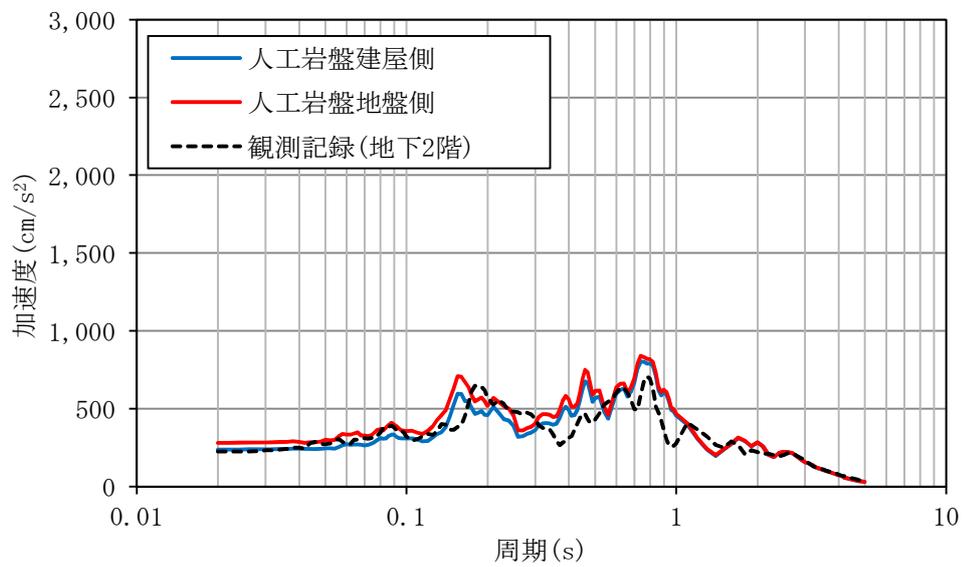
h=5%

6階

図3-11 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (NS方向)



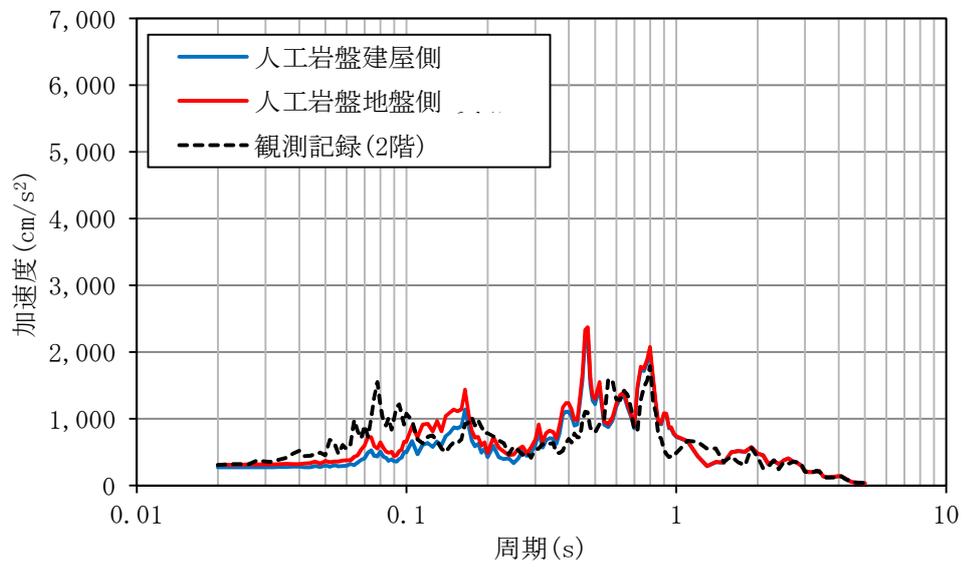
h=1%



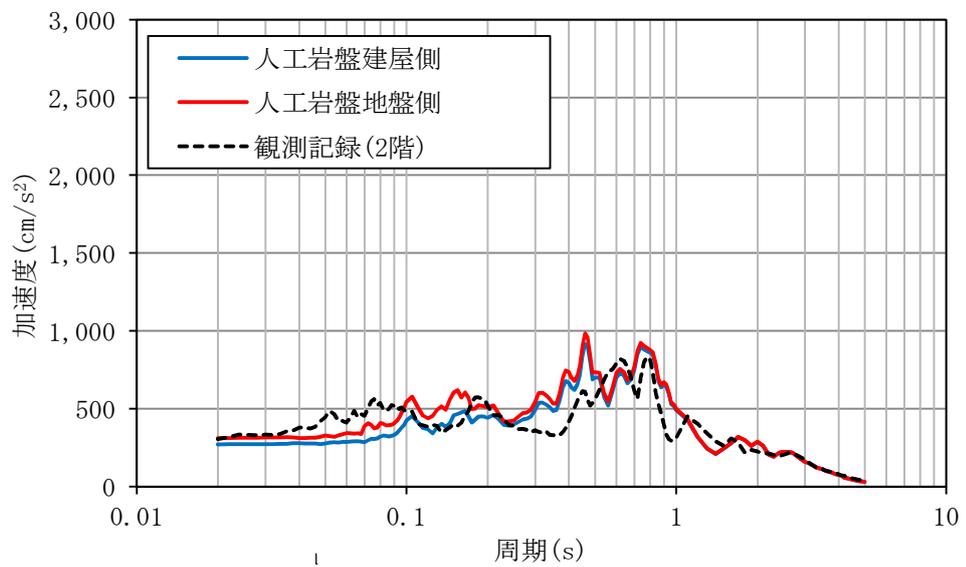
h=5%

地下2階

図3-12 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



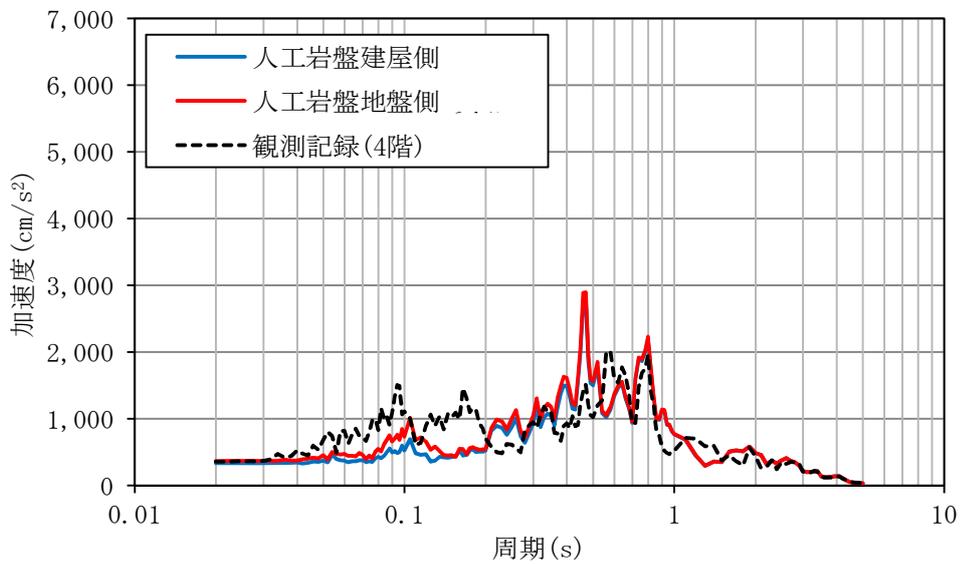
h=1%



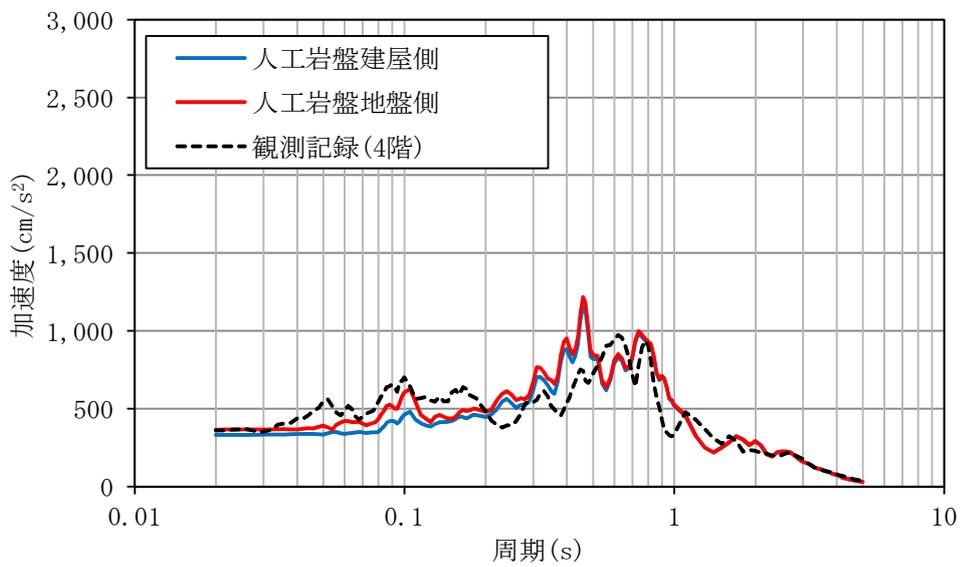
h=5%

2階

図 3-12 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



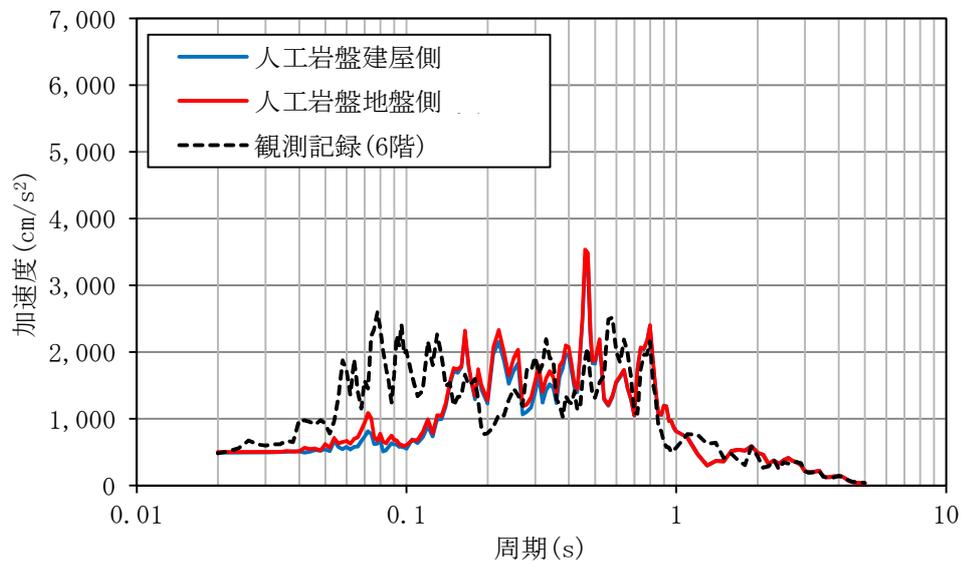
h=1%



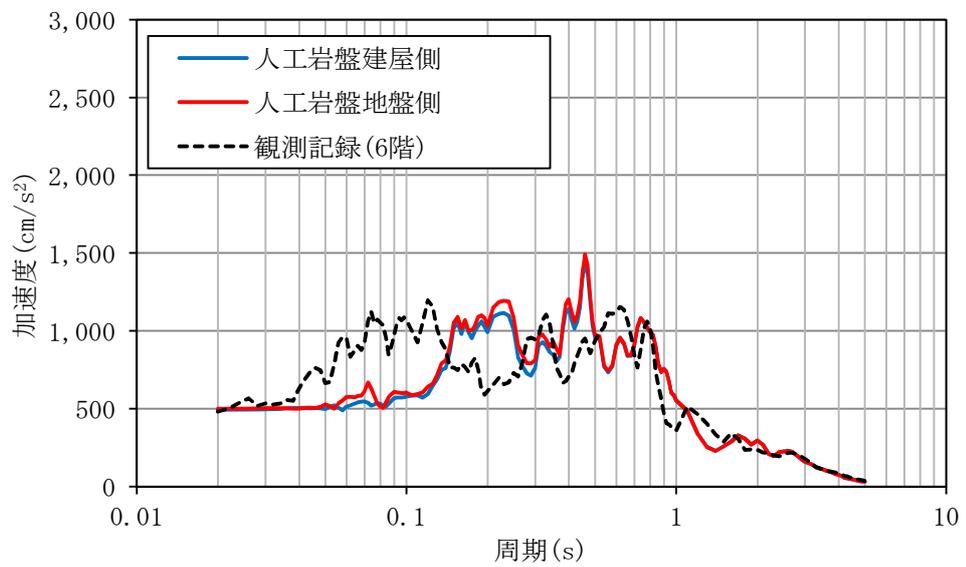
h=5%

4階

図 3-12 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



h=1%



h=5%

6階

図 3-12 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)

3.5 側面回転ばねの扱いについて

建屋側面地盤の埋込み効果を考慮するにあたり，側面地盤を水平ばね及び回転ばねとして評価してきた。ここでは，側面回転ばねを考慮しない場合の建屋応答への影響について検討した。

側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要を図3-13に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図3-14及び図3-15に，床応答スペクトルの比較を図3-16及び図3-17に示す。側面回転ばねを考慮しない場合の解析結果は，側面回転ばねを考慮する場合の応答に比べ，概ね同程度であるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。

「3.3 建屋－地盤動的相互作用の評価法について」において示したように，埋込み効果として，側面地盤の水平ばね及び回転ばねを考慮した場合に，より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられるが，R/B今回工認モデルにおいては，保守的に側面回転ばねを採用しない方針とした。

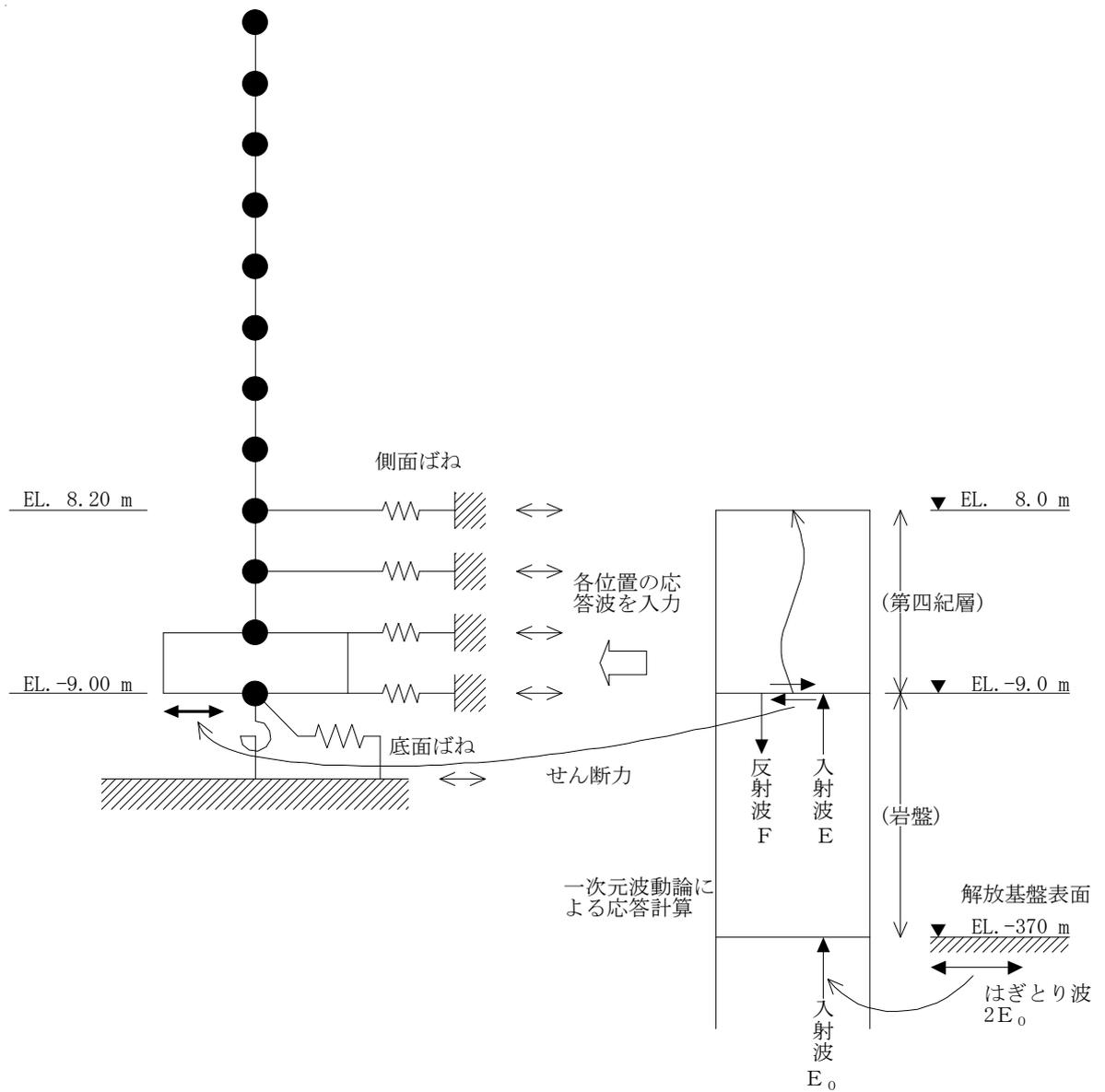


図 3-13 側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要

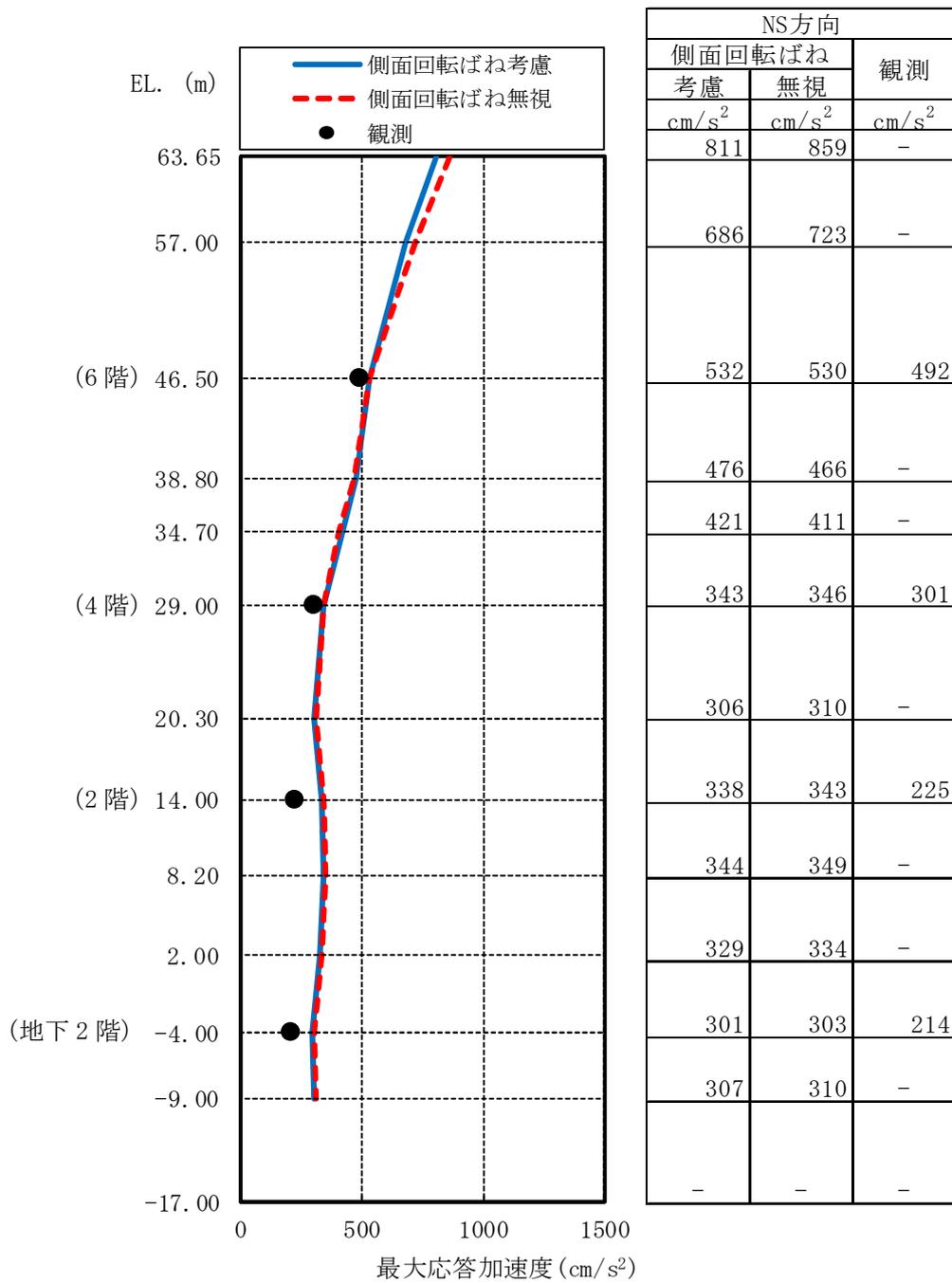


図 3-14 最大応答加速度分布の比較 (NS 方向)

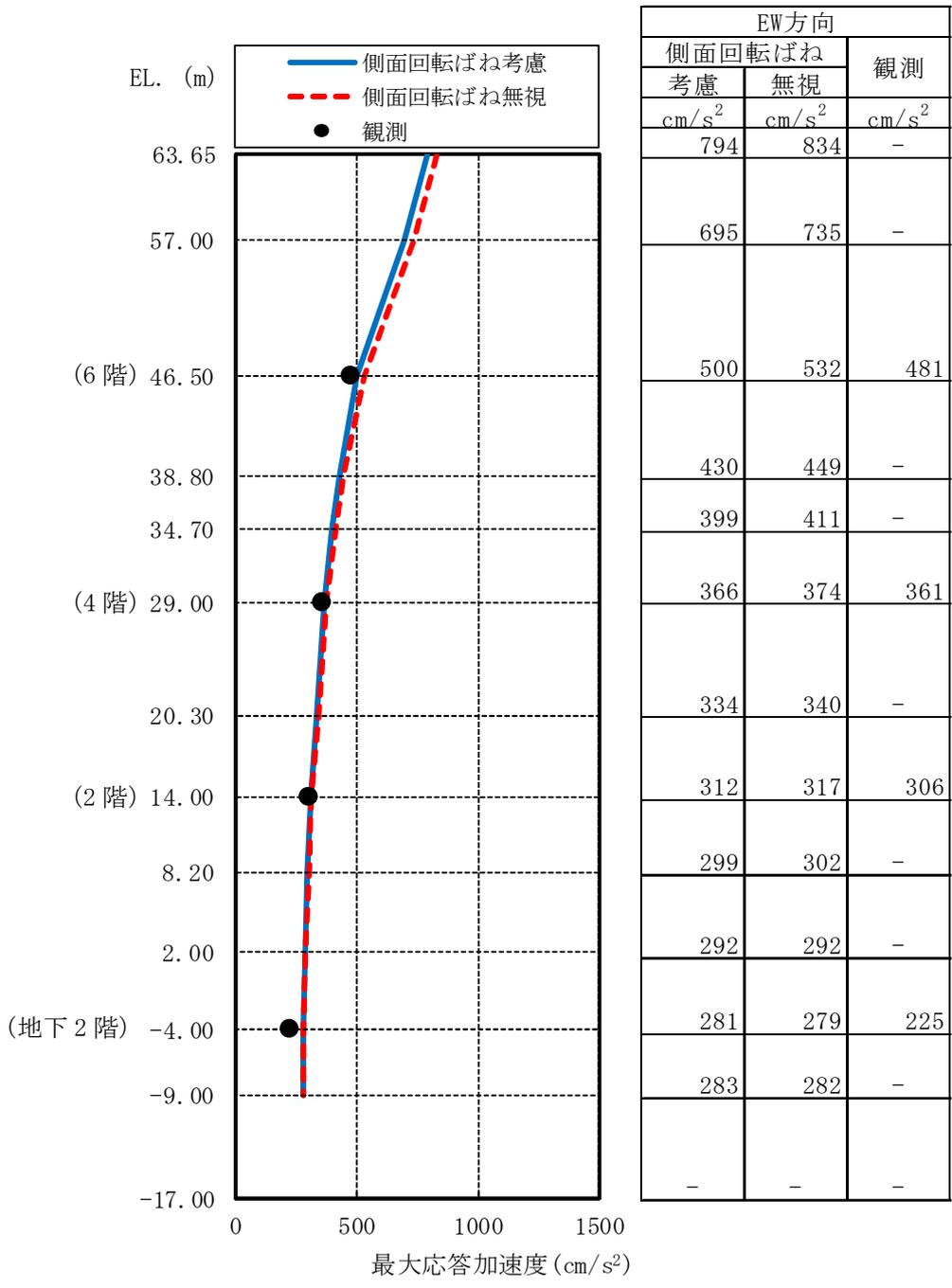
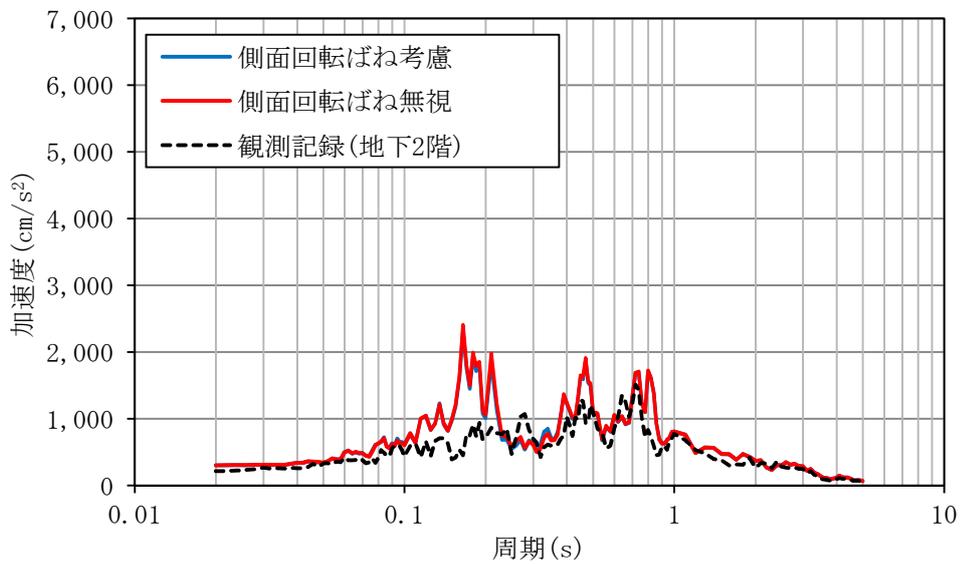
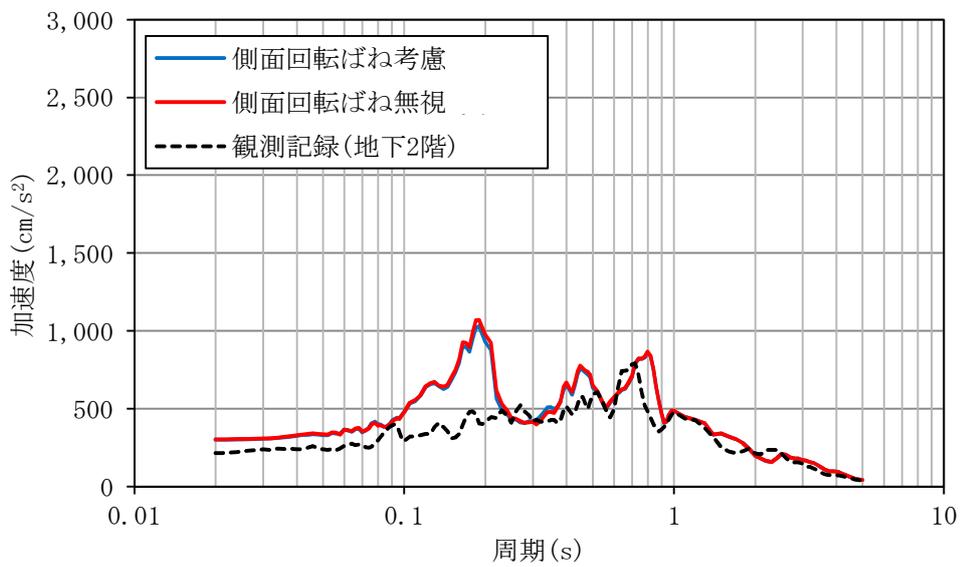


図 3-15 最大応答加速度分布の比較 (EW 方向)



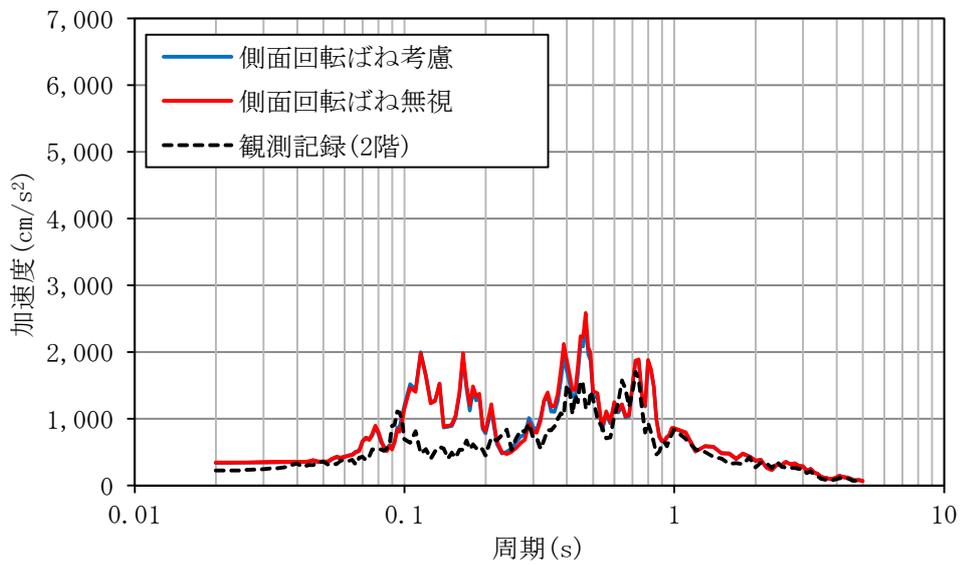
h=1%



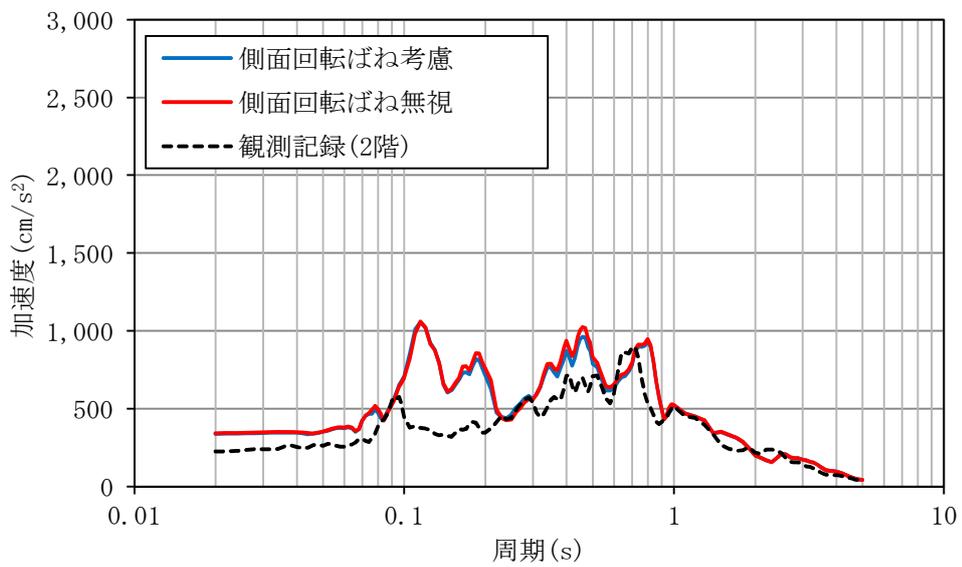
h=5%

地下2階

図3-16 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (NS方向)



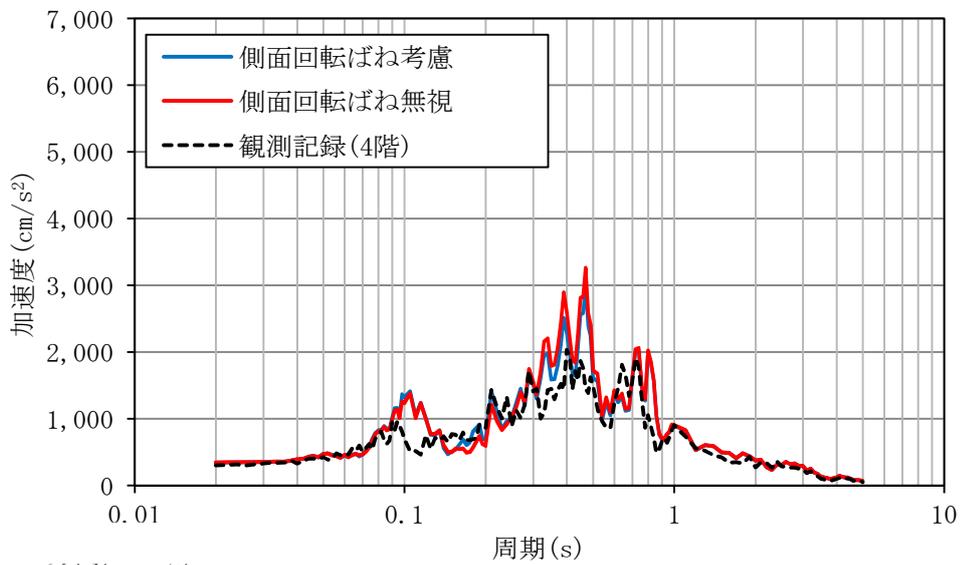
$h=1\%$



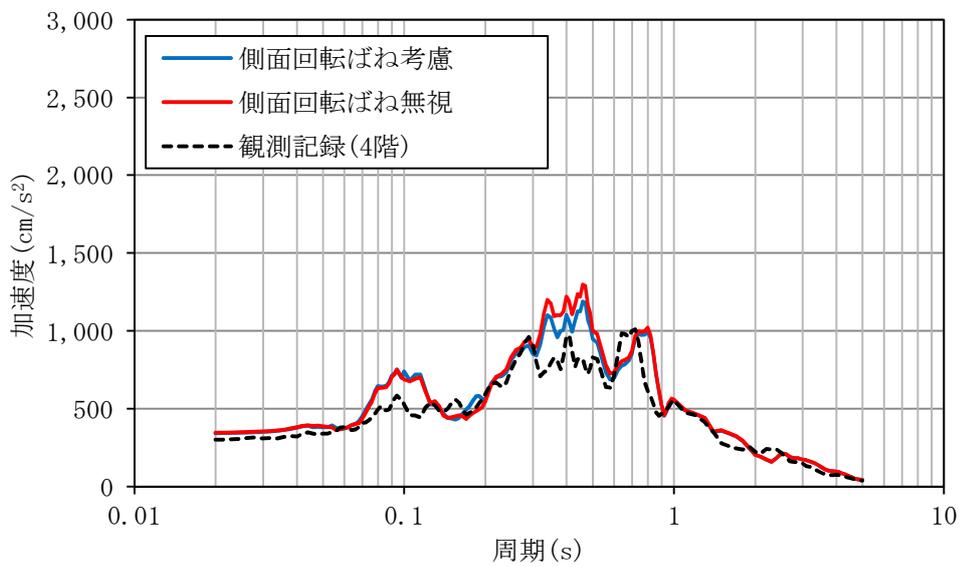
$h=5\%$

2階

図 3-16 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



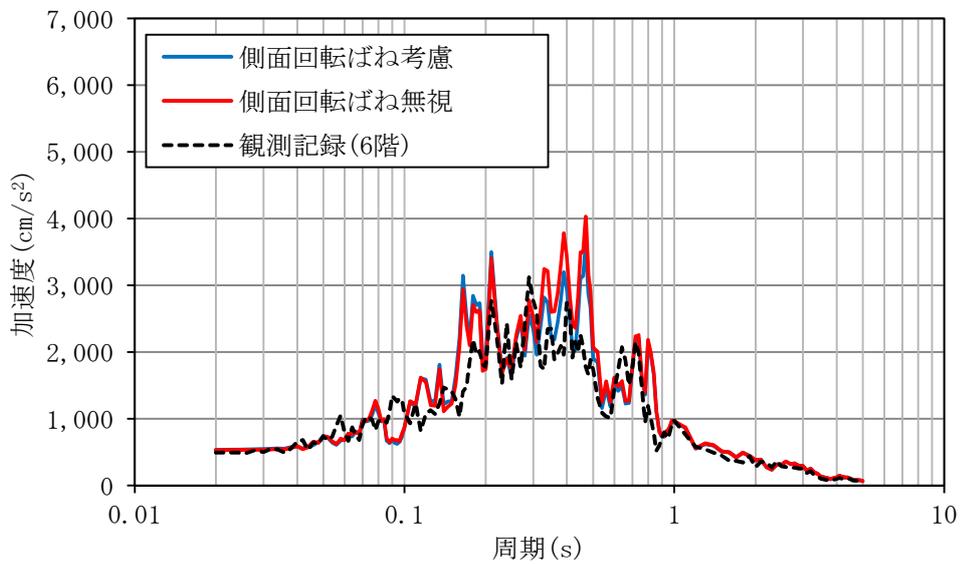
$h=1\%$



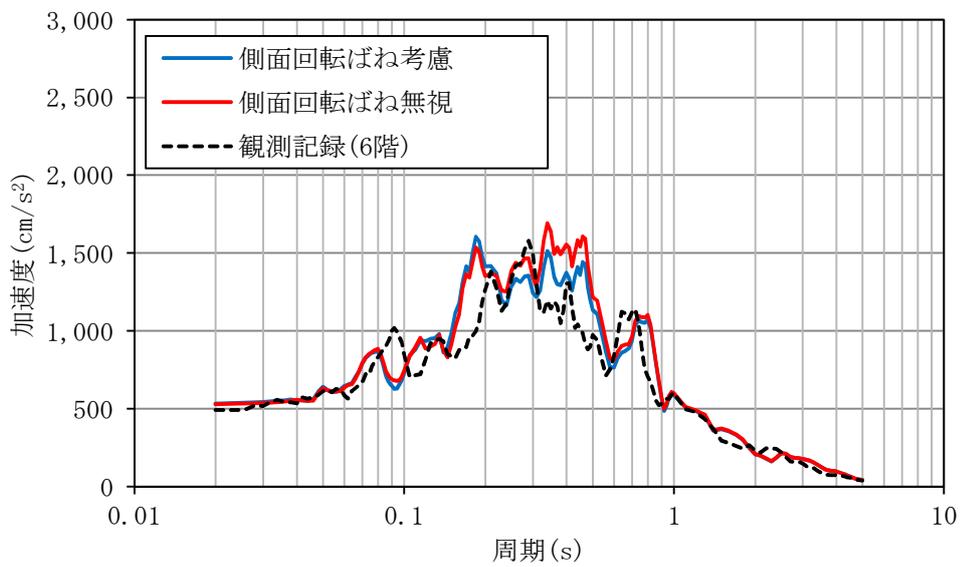
$h=5\%$

4階

図 3-16 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



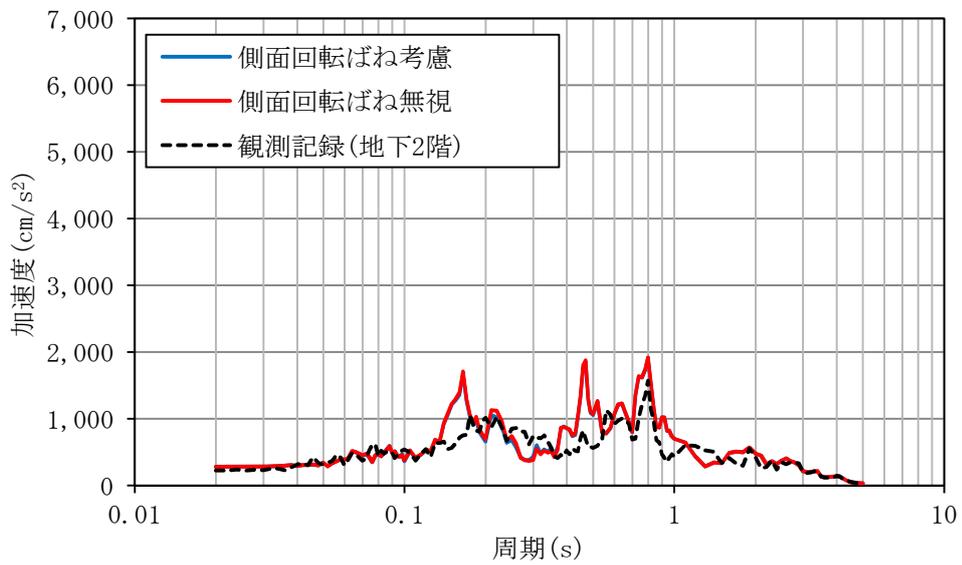
h=1%



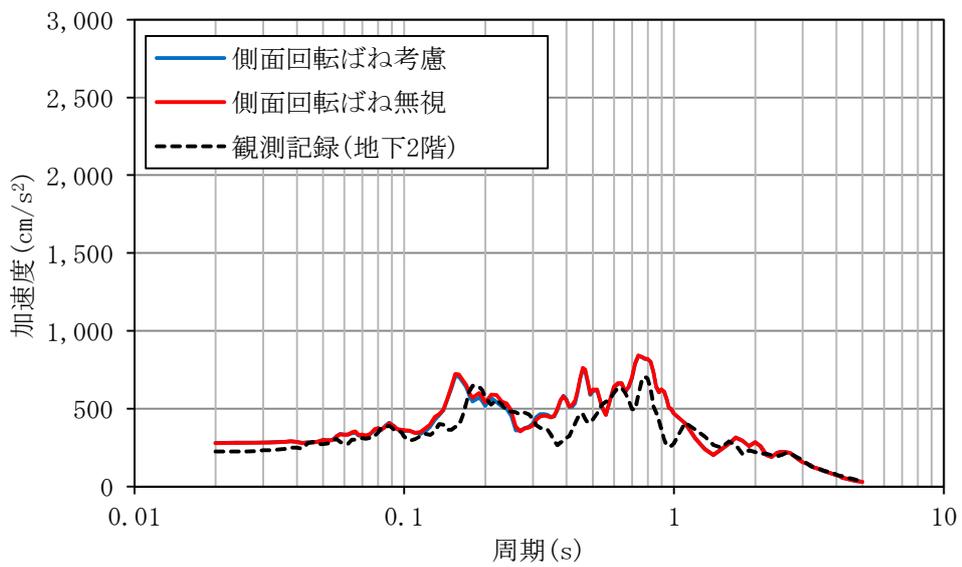
h=5%

6階

図 3-16 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向)



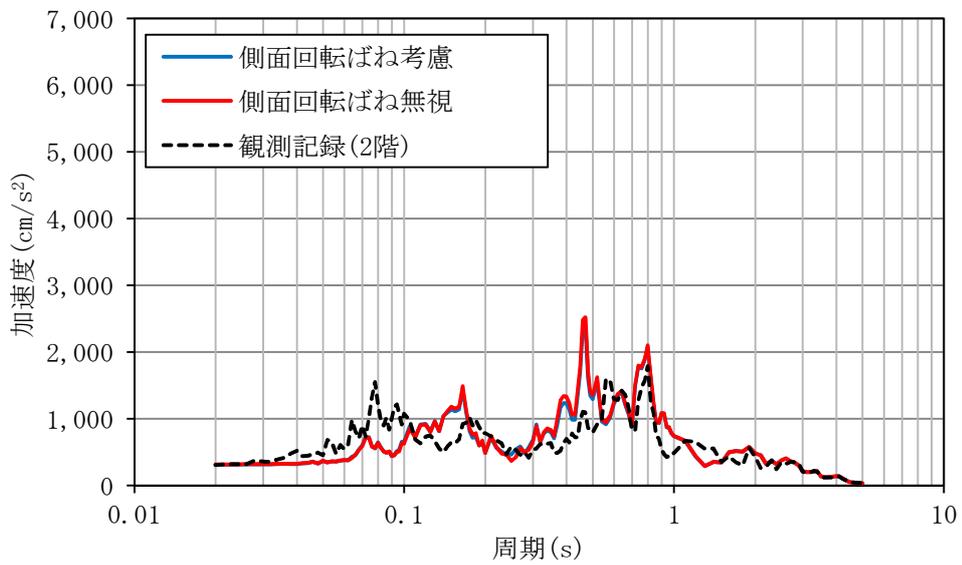
h=1%



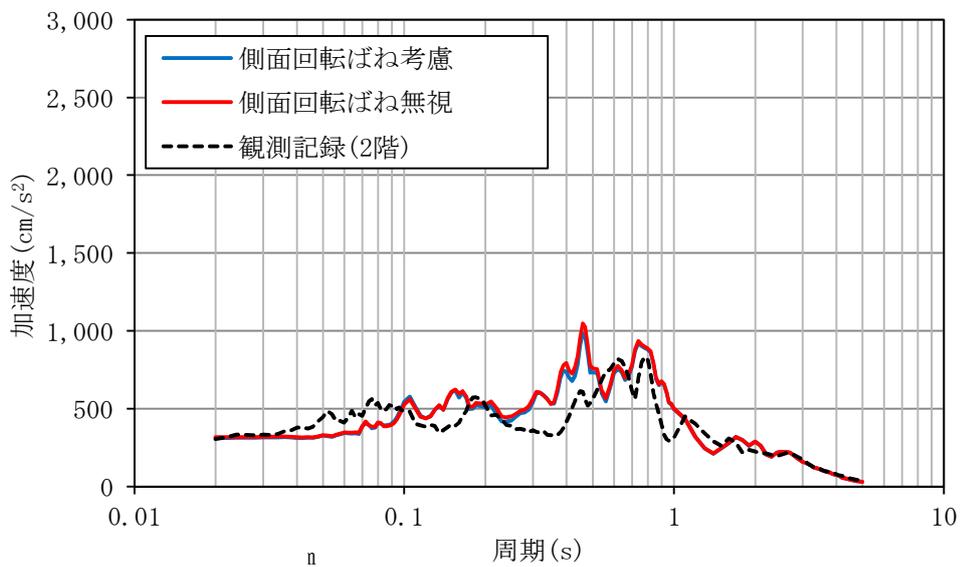
h=5%

地下2階

図3-17 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (EW方向)



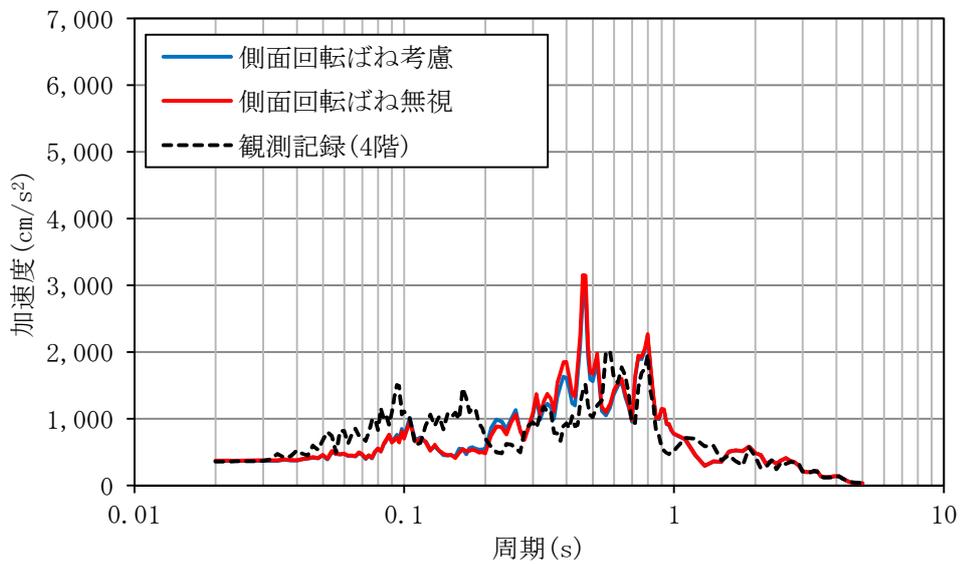
h=1%



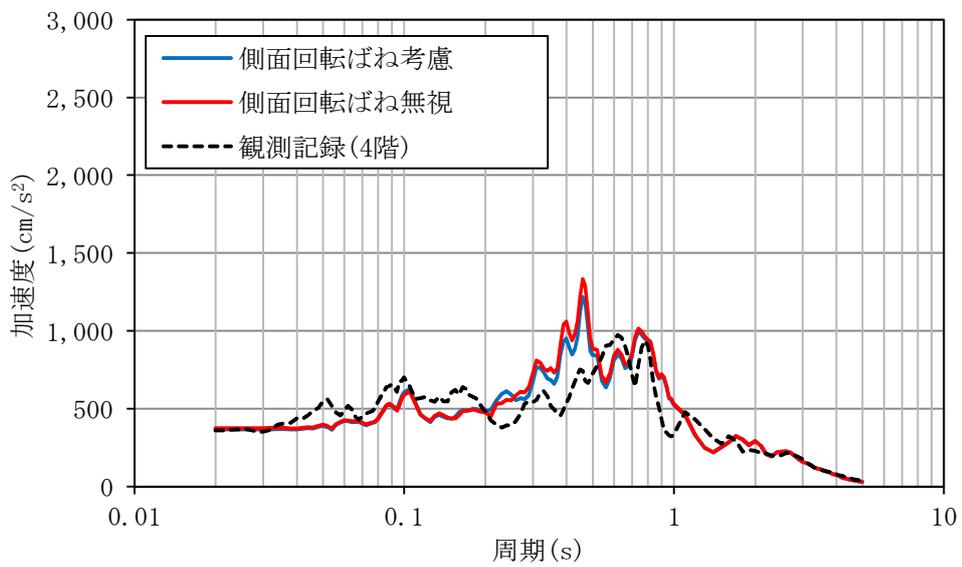
h=5%

2階

図 3-17 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



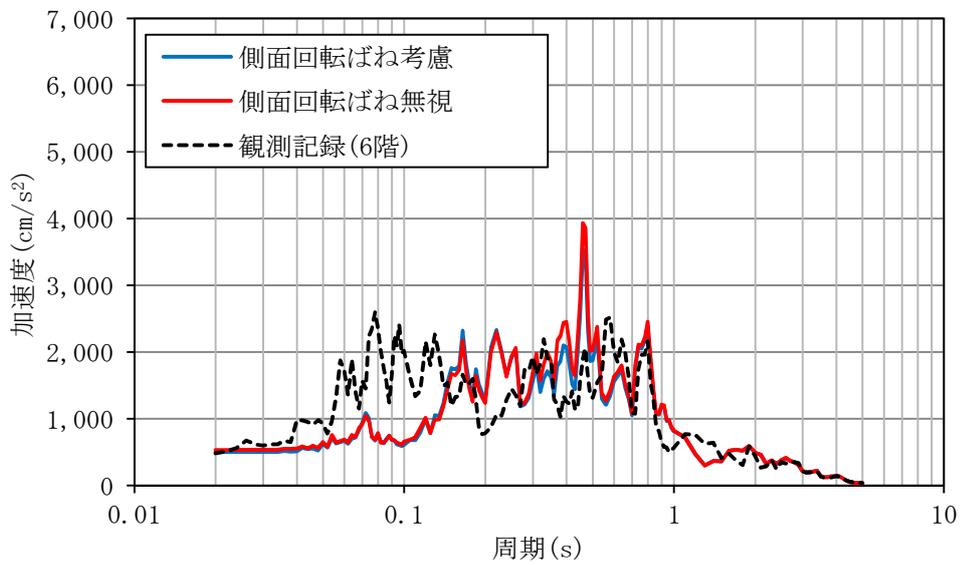
$h=1\%$



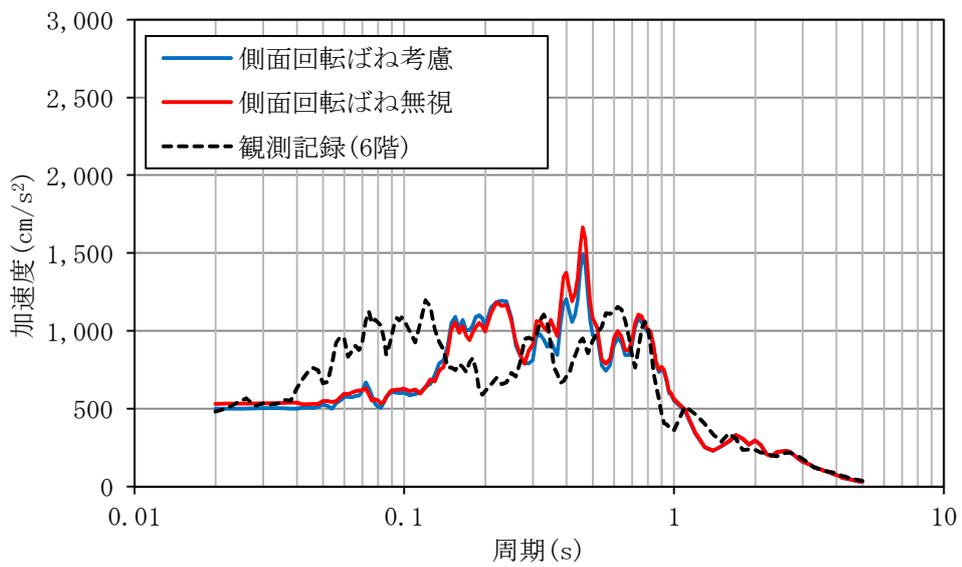
$h=5\%$

4階

図 3-17 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)



$h=1\%$



$h=5\%$

6階

図 3-17 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向)

4. シミュレーション解析結果を踏まえた施設影響

2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録を踏まえた原子炉建屋のシミュレーション解析を3.地震応答解析モデルに係る影響検討にて実施した。本検討において観測記録とシミュレーション解析結果との床応答スペクトルの比較において、一部の周期帯において観測記録がシミュレーション解析の応答を上回る結果が確認されたため、施設への影響について確認する。

4.1 原子炉建屋への影響

図4-1に観測記録の最大応答加速度とシミュレーション解析との最大応答加速度との比較を示す。原子炉建屋の地震計設置位置での観測記録と原子炉建屋質点系モデルを用いたシミュレーション解析の応答とを比較した結果、最大応答加速度分布は各方向において、観測記録がシミュレーション解析を上回らないことが確認できたため、原子炉建屋の耐震評価に影響はない。

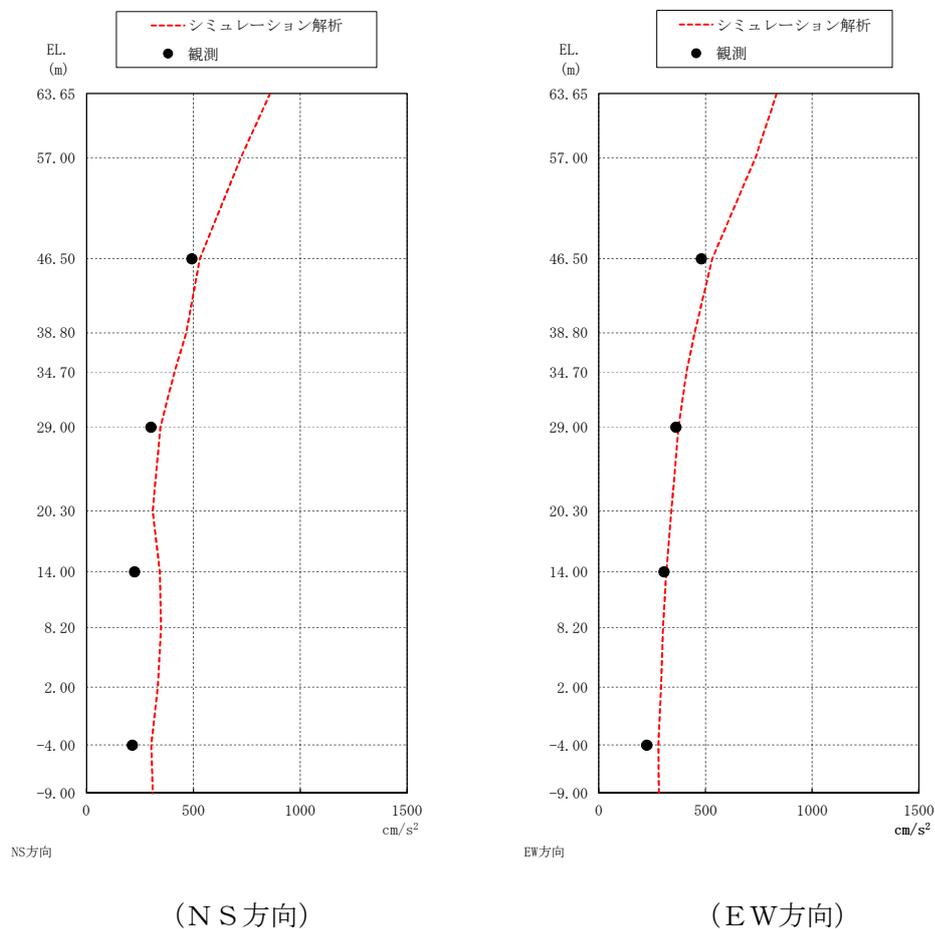


図4-1 最大応答加速度の分布の比較

4.2 原子炉建屋に設置された機器・配管系

(1) 影響検討対象設備

a. 床応答スペクトルの傾向確認

原子炉建屋の各床面のシミュレーション解析結果の床応答スペクトルと観測記録の床応答スペクトルとの比較を図 4-1 に示す。機器・配管系評価においては、NS 方向及びEW 方向を包絡させた設計用床応答曲線を適用し、耐震評価を実施することから、図 4-1 はNS 方向とEW 方向を包絡させた床応答スペクトルにて比較している。

また、原子炉建屋の設計用床応答曲線は、設備評価用として加速度を 1.5 倍した値を基本として耐震計算を実施していることから、シミュレーション解析結果については、加速度値（震度）を 1.5 倍したものとする。

原子炉建屋の各床面のシミュレーション解析結果の床応答スペクトルと観測記録の床応答スペクトルの比較結果を以下に記す。

① 減衰定数 5%

- ・ シミュレーション解析結果の床応答スペクトルは観測記録の床応答スペクトルを包絡している。

② 減衰定数 2%

- ・ EL. 46.5m の床応答スペクトルの比較では、0.05 秒から 0.1 秒において観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。
- ・ EL. 46.5m の床応答スペクトル以外の階高の床応答スペクトルにおいては、シミュレーション解析結果が観測記録を概ね包絡していることが確認できる。

③ 減衰定数 1%

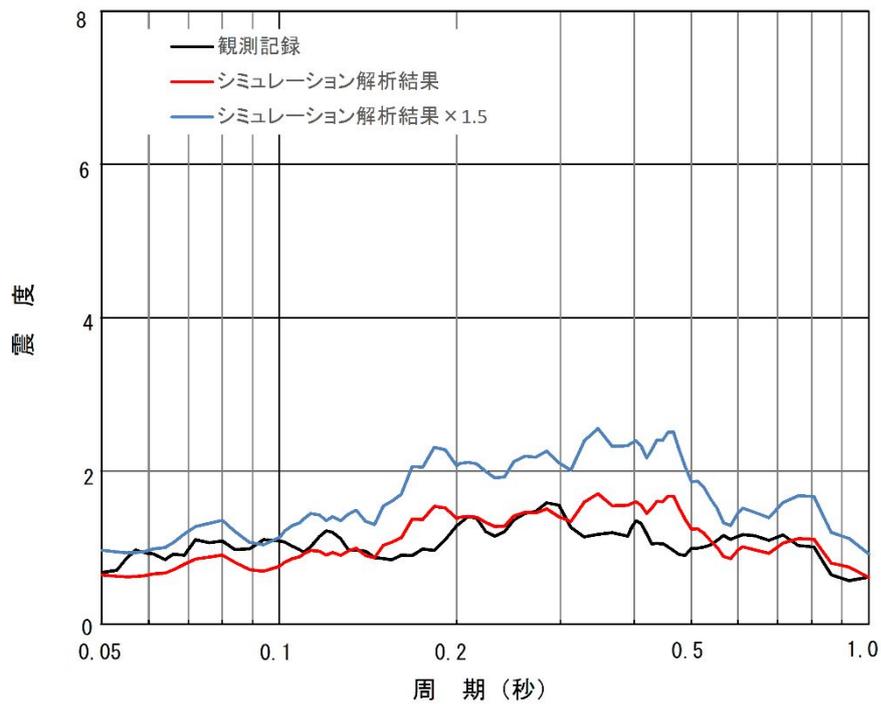
- ・ EL. 46.5m の床応答スペクトルの比較では、0.05 秒から 0.1 秒において観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。
- ・ EL. 29.0 及び EL. 14.0m の床応答スペクトルの比較では、一部の周期帯で観測記録の床応答スペクトルがシミュレーション解析結果の床応答スペクトルを超えている周期が確認できる。
- ・ EL. -4.0m の床応答スペクトルにおいては、シミュレーション解析結果が観測記録を包絡していることが確認できる。

以上のとおり床応答スペクトルの比較した傾向を示したが、機器・配管系の耐震設計の特徴を踏まえて、影響検討対象設備を整理する。

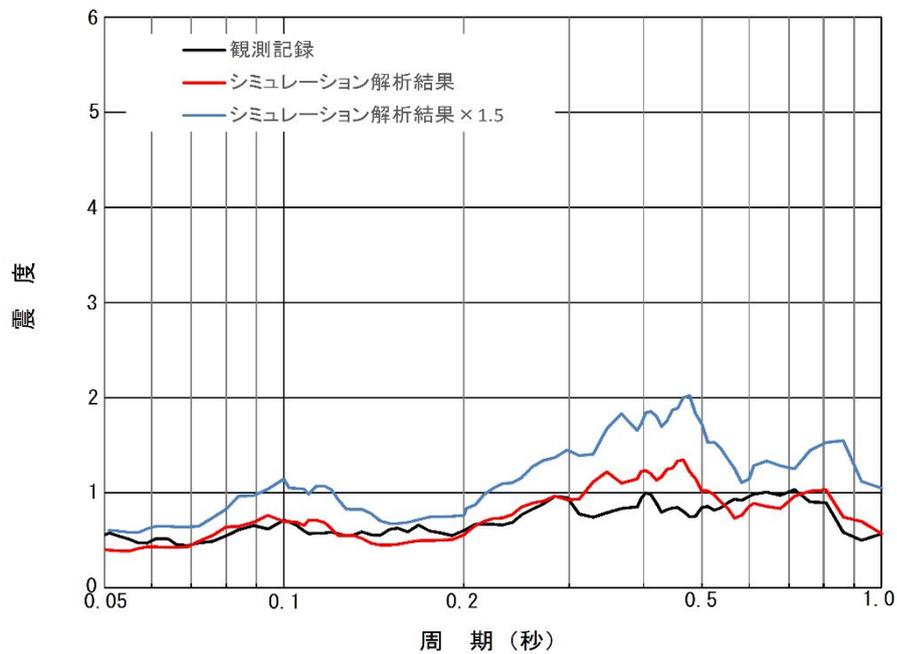
減衰定数 1% を適用する設備は、溶接構造物、ポンプ等があるが、これら設備は一般的に剛構造であることから床応答スペクトルを用いた評価でなく、最大応答加速度（ZPA）を用いた評価を実施する。また配管系は柔構造であるため、床応答スペクトルを用いたスペクトルモード解析を実施するが、配管系評価に用いる一般的な減衰定数 2% では、EL. 46.5m を除きシミュレーション解析結果の床応答スペクトルが観測記録の床応答スペクトルを概ね包絡し

ている。

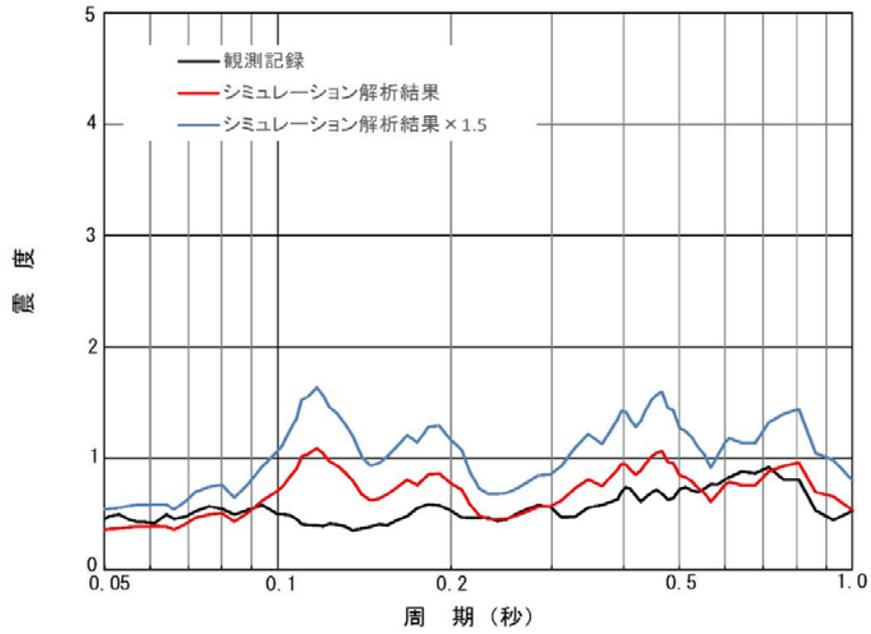
上記整理を踏まえて影響検討対象設備は、観測記録の床応答スペクトルとシミュレーション解析結果の床応答スペクトルとの比較にて応答増幅が顕著な EL46.5m に設置される設備とする。



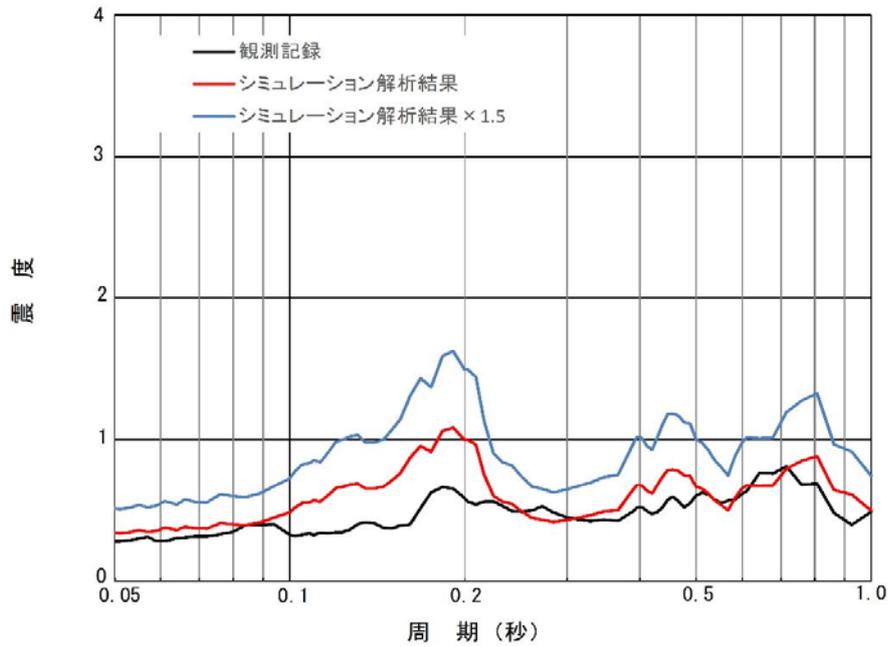
原子炉建屋 EL. 46.5m 床応答スペクトル比較 (減衰 5%)



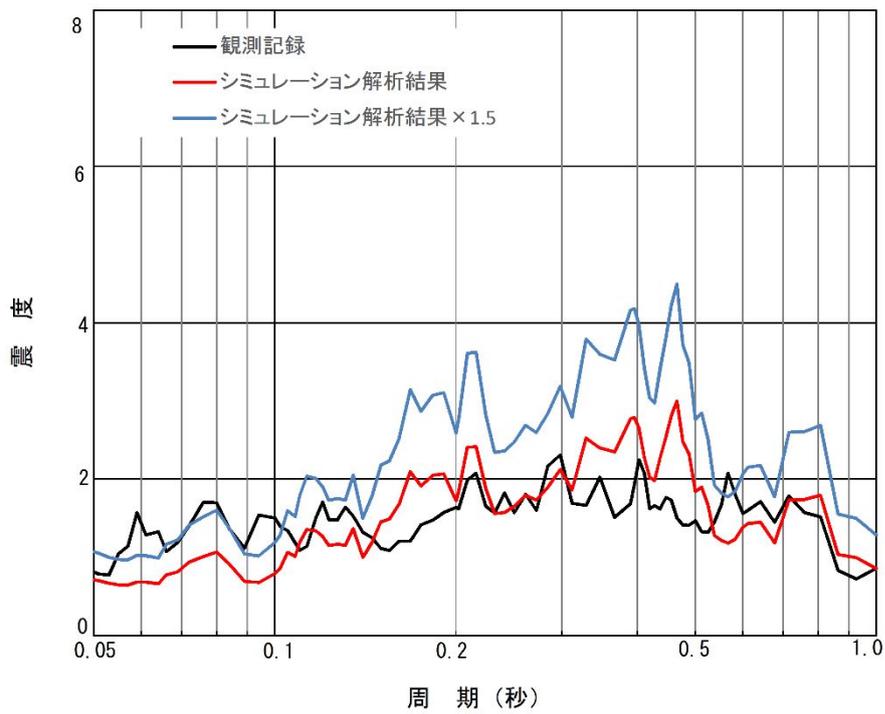
原子炉建屋 EL. 29.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 5%)



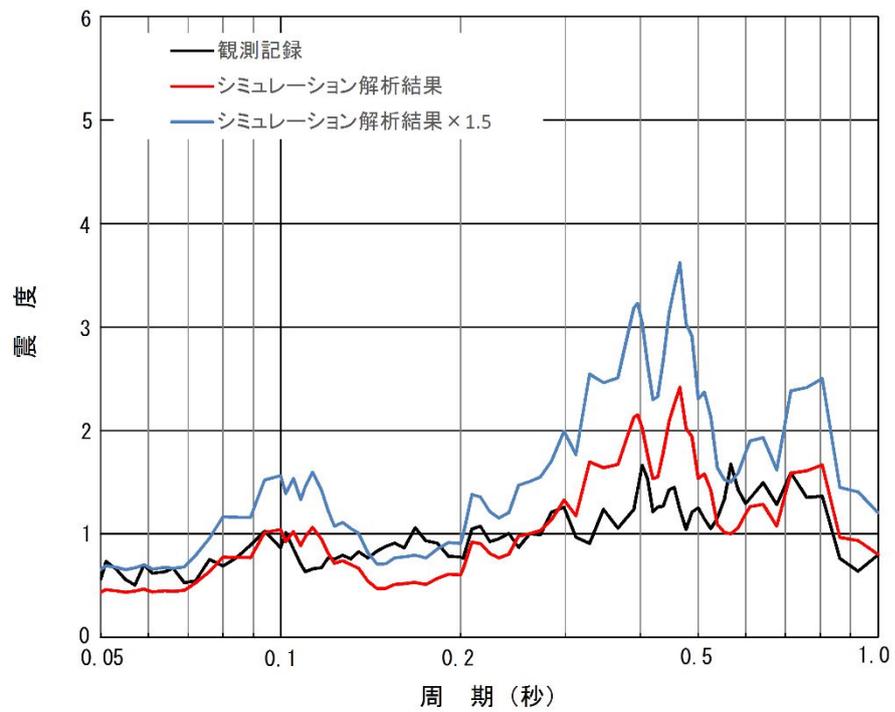
原子炉建屋 EL. 14.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 5%)



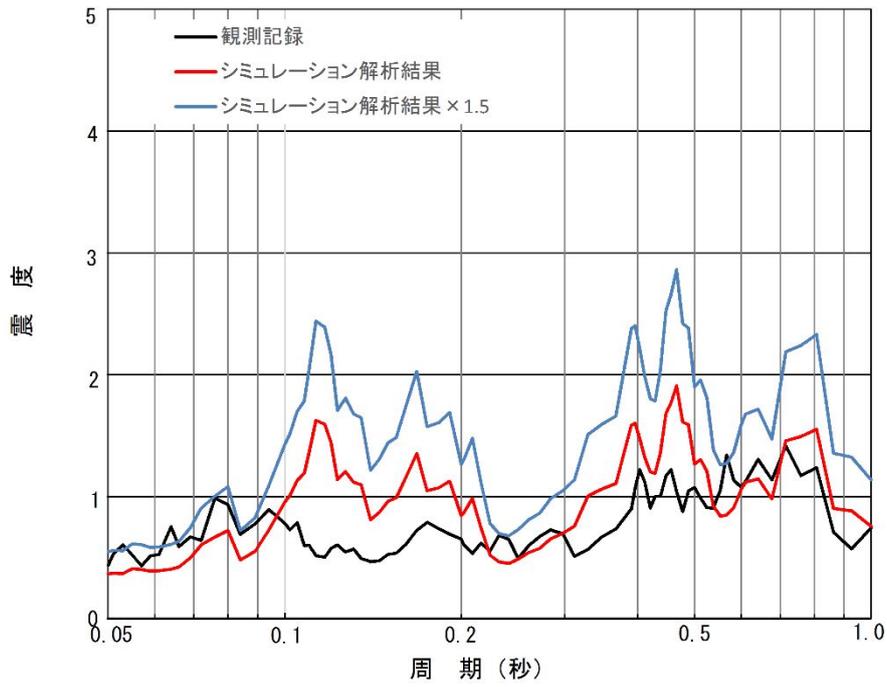
原子炉建屋 EL. -4.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 5%)



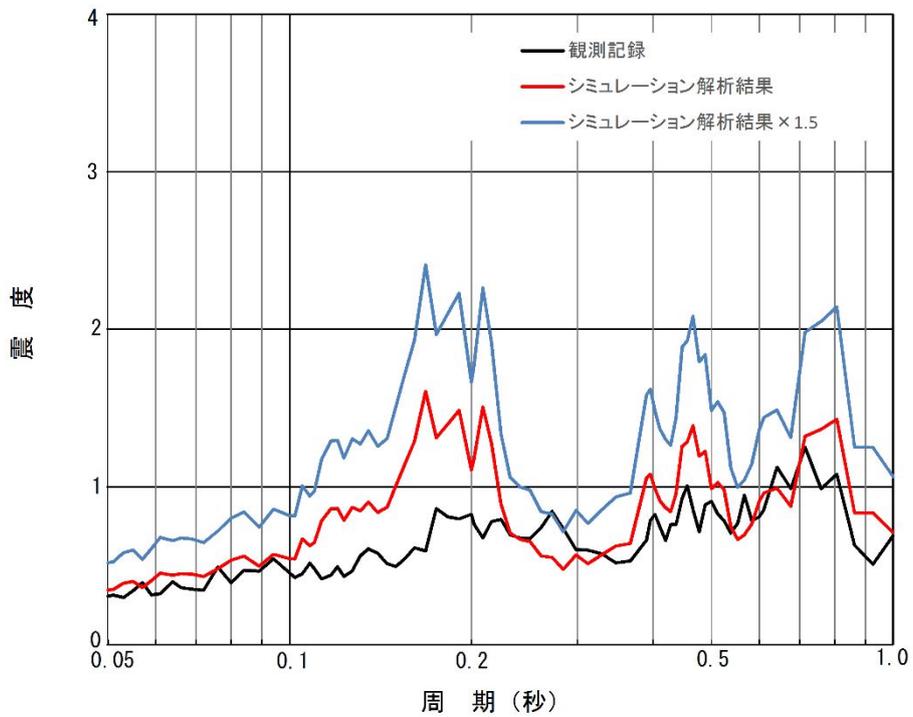
原子炉建屋 EL. 46.5m 床応答スペクトル比較 (減衰 2%)



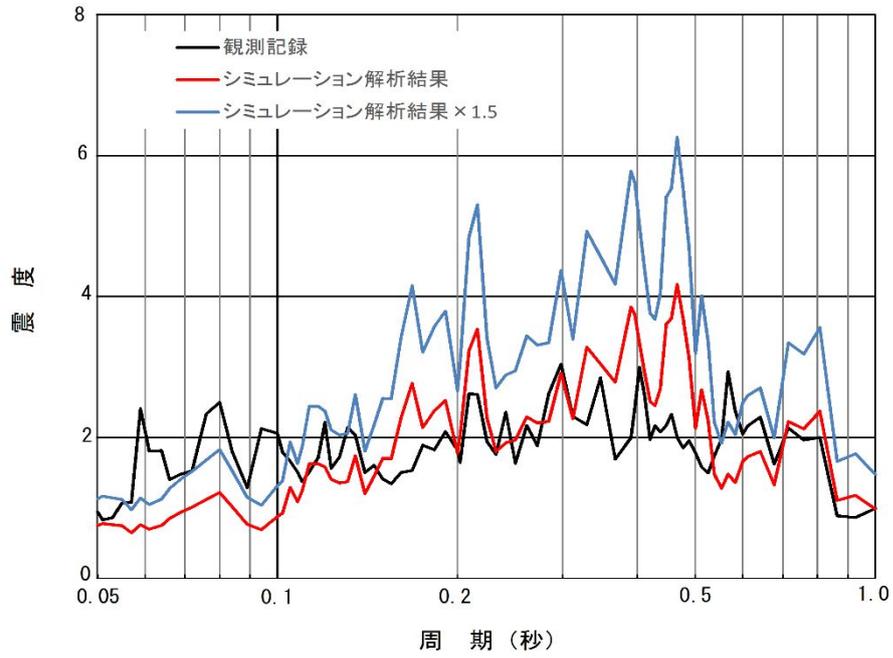
原子炉建屋 EL. 29.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 2%)



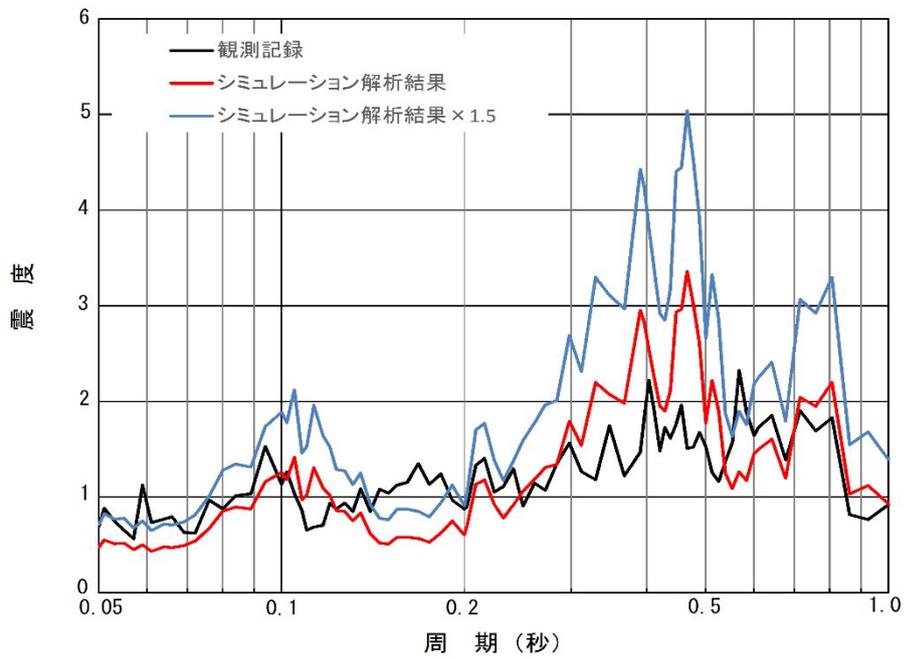
原子炉建屋 EL. 14.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 2%)



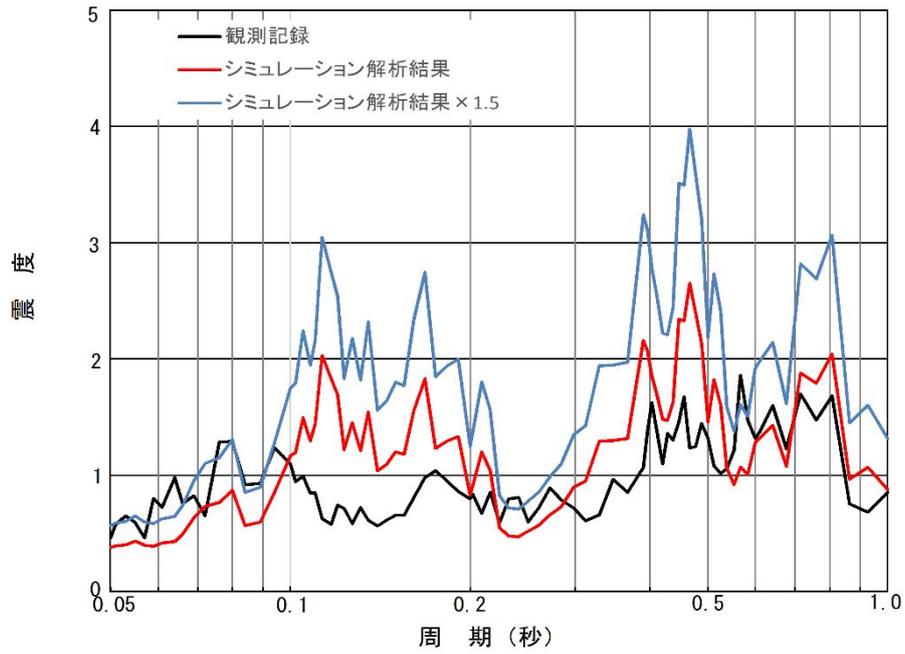
原子炉建屋 EL. -4.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 2%)



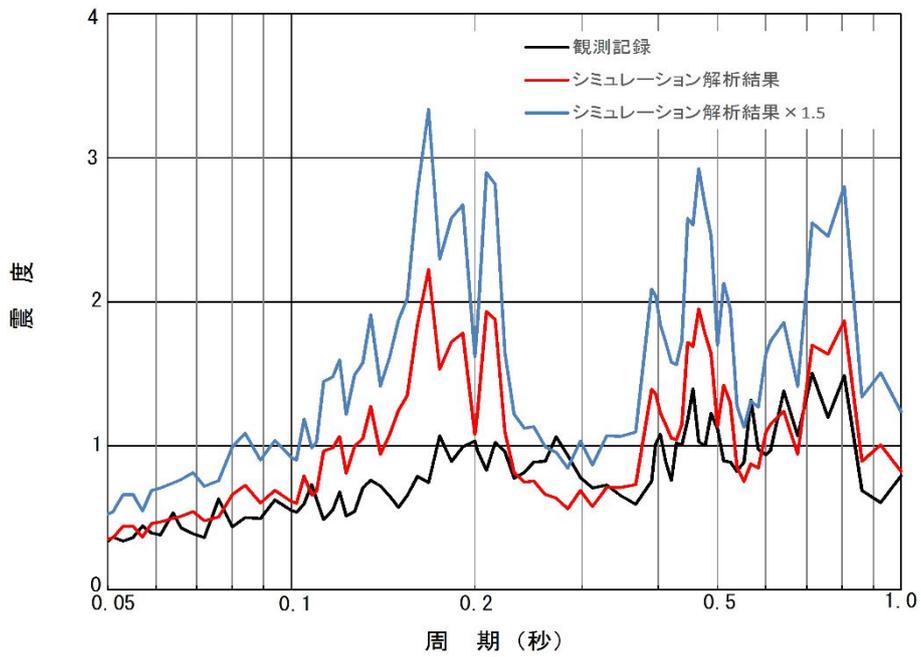
原子炉建屋 EL. 46.5m 床応答スペクトル比較 (減衰 1%)



原子炉建屋 EL. 29.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 1%)



原子炉建屋 EL. 14.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 1%)



原子炉建屋 EL. -4.0m 床応答スペクトル比較 (減衰 1%)

b. 影響検討対象設備の抽出

影響検討対象設備として原子炉建屋 EL. 46.5m に設置される設備について表 4-4 に、各設備の設置場所を示した図を 4-3 図に示す。

また表 4-4 には、固有周期の記載し床応答スペクトルを用いて耐震計算を実施する設備を明記した。剛設備については、最大応答加速度（ZPA）を用いた評価を実施するため、観測記録のほうが保守的な値となっていることから、影響対象設備から除外する。これより、対象設備は、燃料取替機、使用済燃料プール温度計（S A）及び代替燃料プール注水系配管について影響検討を行う。

表 4-4 原子炉建屋に設置の影響検討対象設備

設 備	固有周期 (秒)	床応答 スペクトルの 適用
①燃料取替機	水平： 0.078 鉛直： 0.089	○
②使用済燃料プールエリア放射線 モニタ（高レンジ，低レンジ）	0.05 以下	—*
③使用済燃料プール水位・温度 （S A 広域）	0.05 以下	—
④使用済燃料プール監視カメラ	0.05 以下	—*
⑤使用済燃料プール温度（S A）	0.23	○
⑥原子炉建屋水素濃度	0.05 以下	—*
⑦静的触媒式水素再結合器	0.05 以下	—*
⑧静的触媒式水素再結合器動作装置	0.05 以下	—*
⑨代替燃料プール注水系配管 （スプレーヘッダ）	1 次： 0.077	○

* EL. 57.0m の最大応答加速度を使用

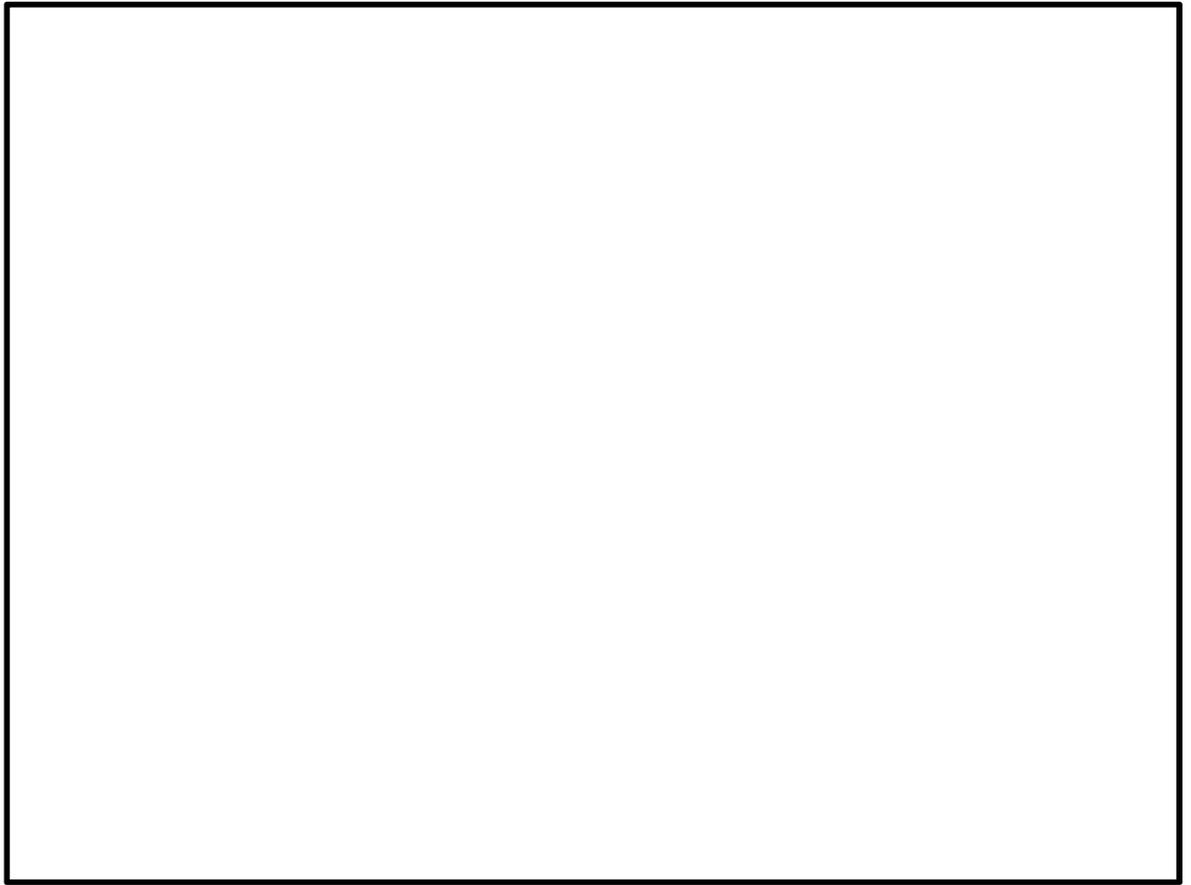


図 4-3 原子炉建屋 EL. 46. 5m の応答加速度を用いる設備

(2) 影響評価結果

(a) 燃料取替機

追而

(b) 使用済燃料プール温度計 (S A)

追而

(c) 代替燃料プール注水系配管

追而

5. まとめ

原子炉建屋の地震応答解析モデルについて、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果の比較から、人工岩盤のモデル化及び側面回転ばねの影響について検討した。

建設工認ではS Rモデルとしていたが、側面地盤の埋込み効果を考慮した埋込みS Rモデルとした場合、より実状に近い建屋の振動性状を評価できることを確認した。また、人工岩盤は岩盤として地盤モデル側にモデル化し、側面回転ばねを考慮しないモデルとする方が、応答を保守側に評価することを確認した。

以上の結果から、R/B今回工認モデルは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化し、側面回転ばねを考慮しない埋込みS Rモデルとすることとした。

別紙 1-3 の補足説明資料

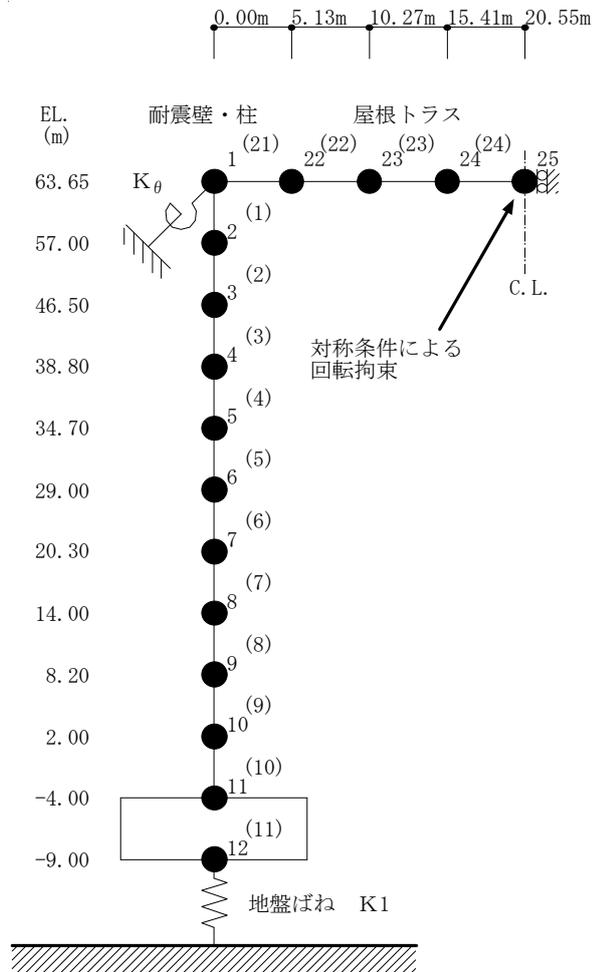
1. 概要

本資料は、別紙 1-3「原子炉建屋の地震応答解析モデルについて」で示した原子炉建屋の地震応答解析における東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析について、鉛直方向モデルによる結果を示すものである。

2. 解析モデル

鉛直方向の解析モデルを図 2-1 に示す。

鉛直方向の解析モデルは、水平方向と同様に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する。なお、側面地盤ばねについては考慮しない。



- 数字は質点番号を示す。
- () 内は部材番号を示す。

図 2-1 解析モデル (鉛直方向)

3. 解析結果

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度分布の比較を図3-1に、床応答スペクトルの比較を図3-2に示す。

最大応答加速度は、解析結果が観測記録を上回っており、床応答スペクトルについてもほぼ全ての周期帯で解析結果が観測記録を上回る傾向となっている。

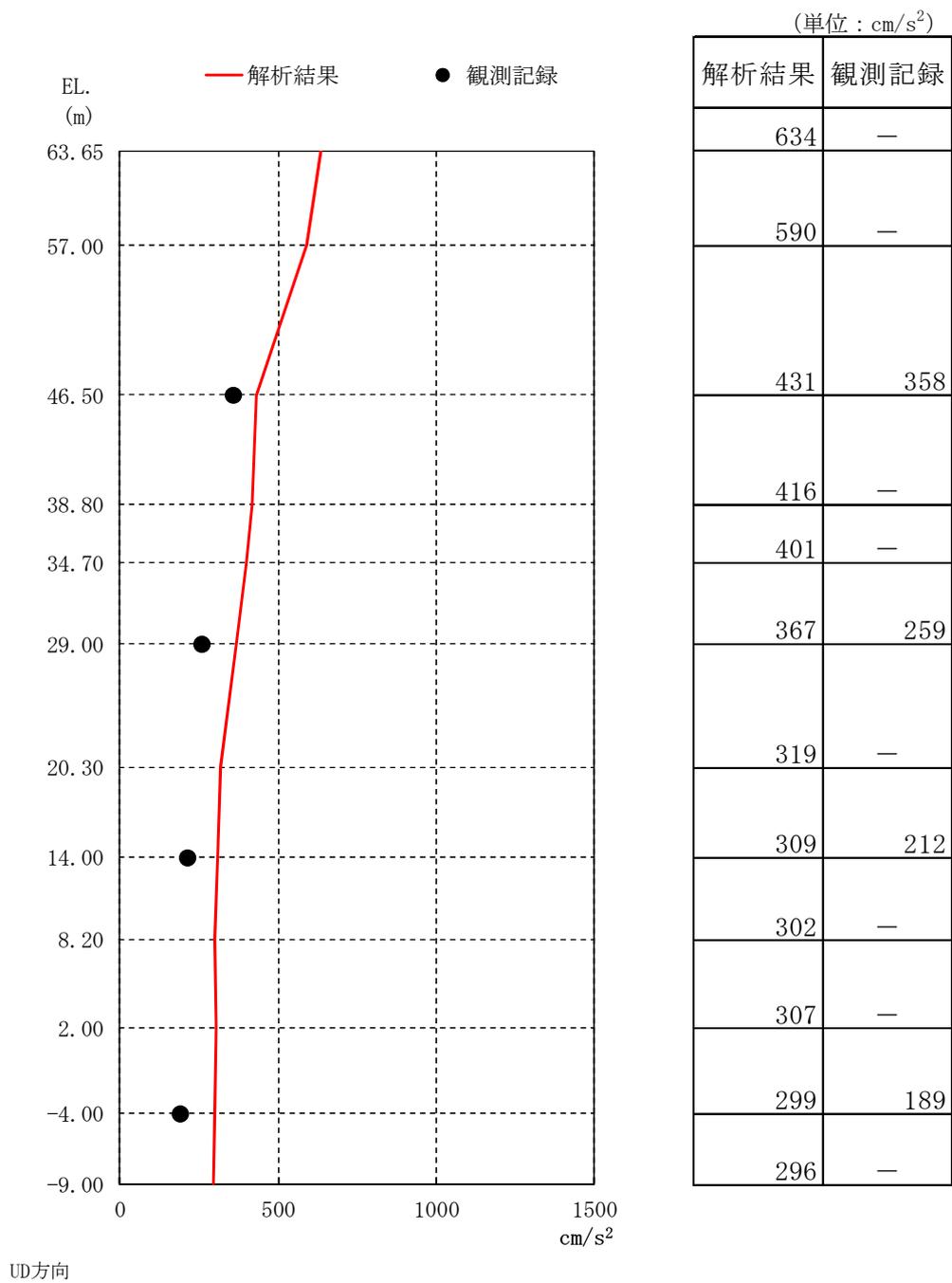
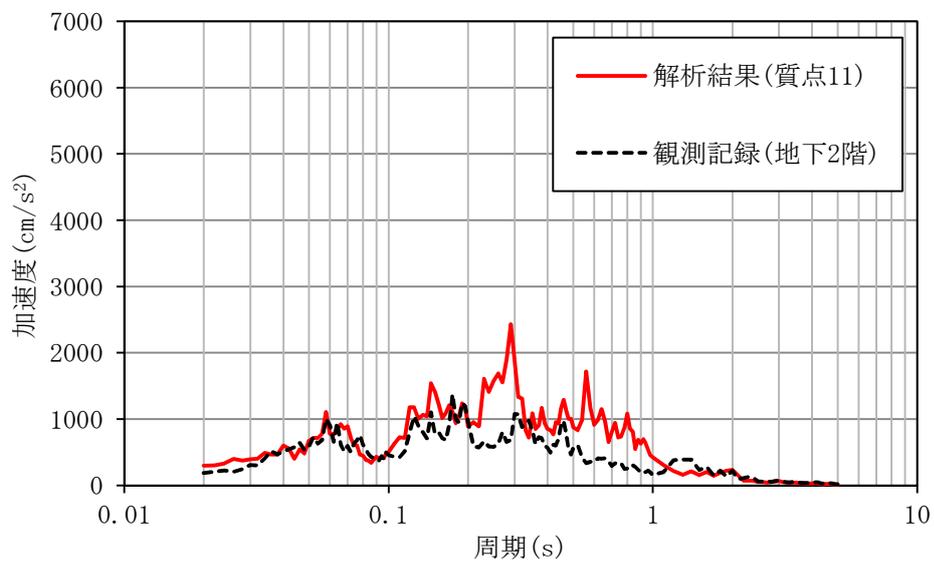
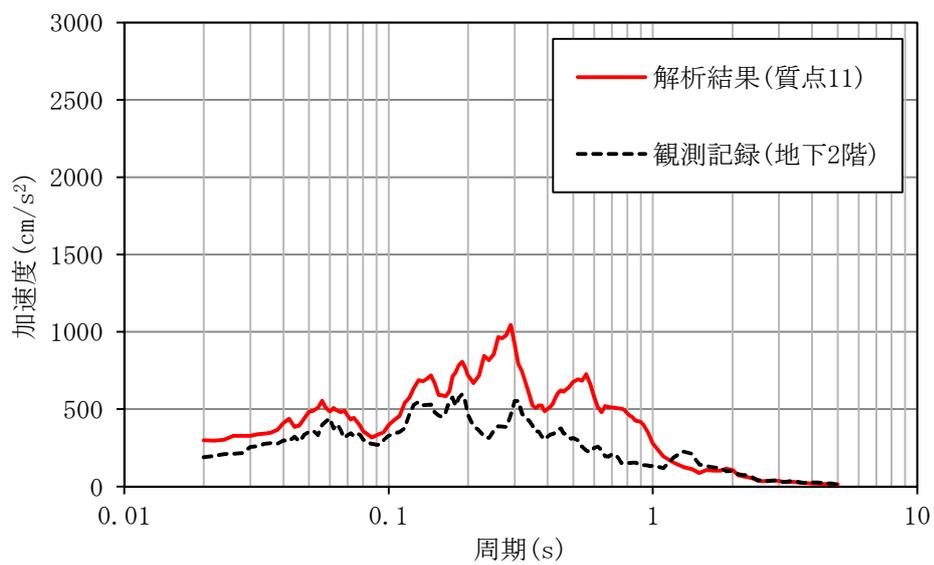


図 3-2 最大応答加速度分布の比較 (鉛直方向)



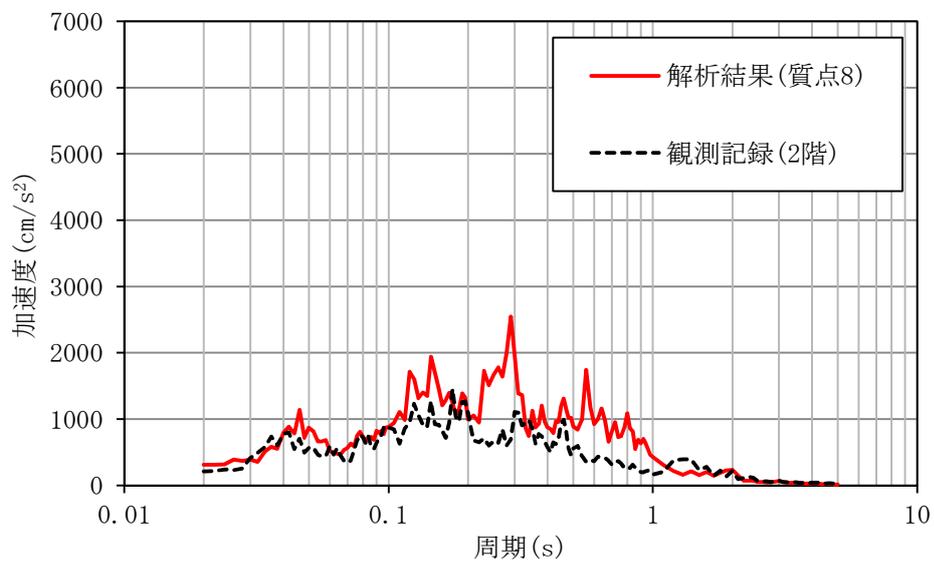
h=1%



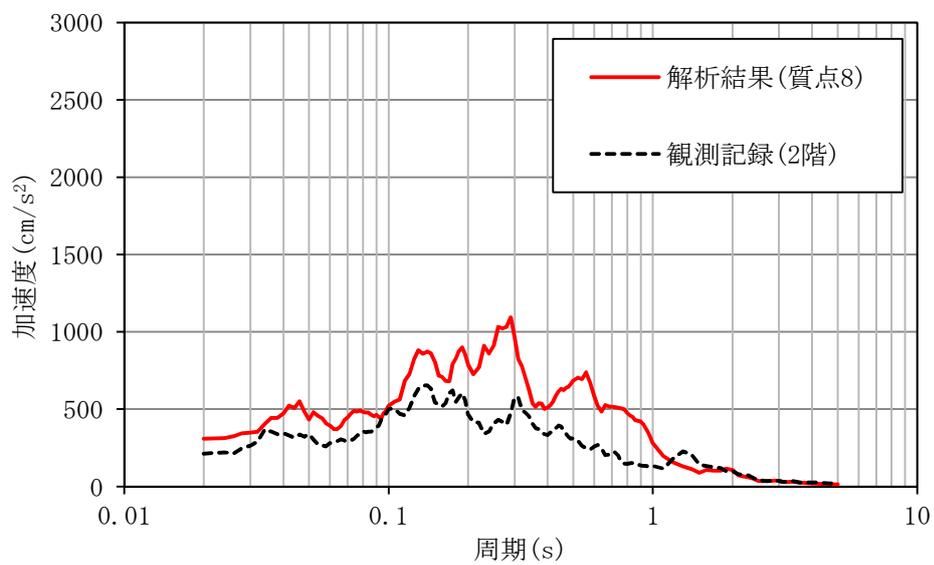
h=5%

地下2階

図3-2 (1/4) 床応答スペクトルの比較 (鉛直方向)



h=1%



h=5%

2階

図 3-2 (2/4) 床応答スペクトルの比較 (鉛直方向)

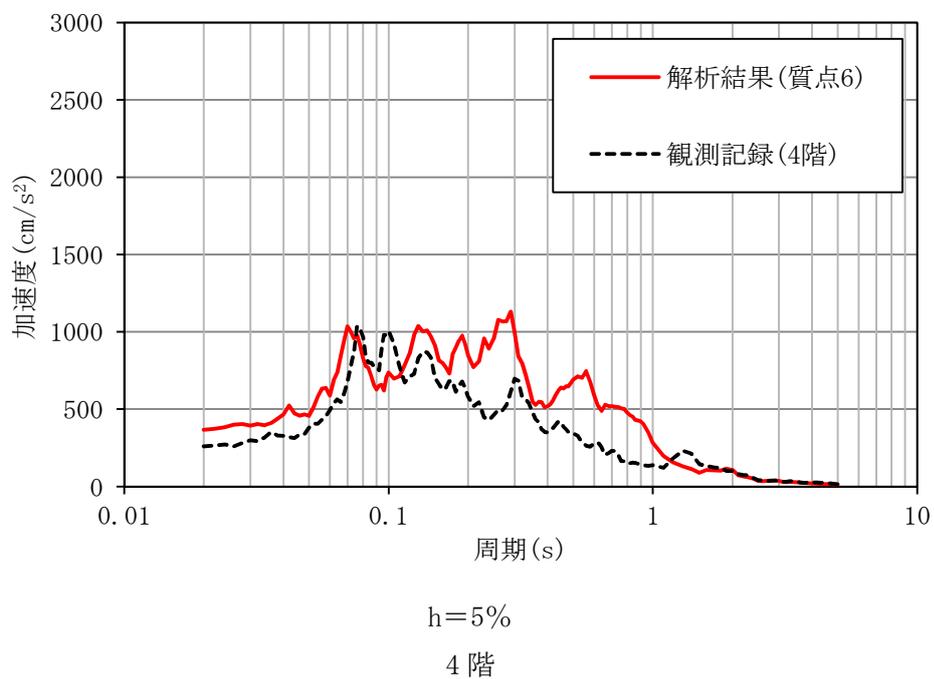
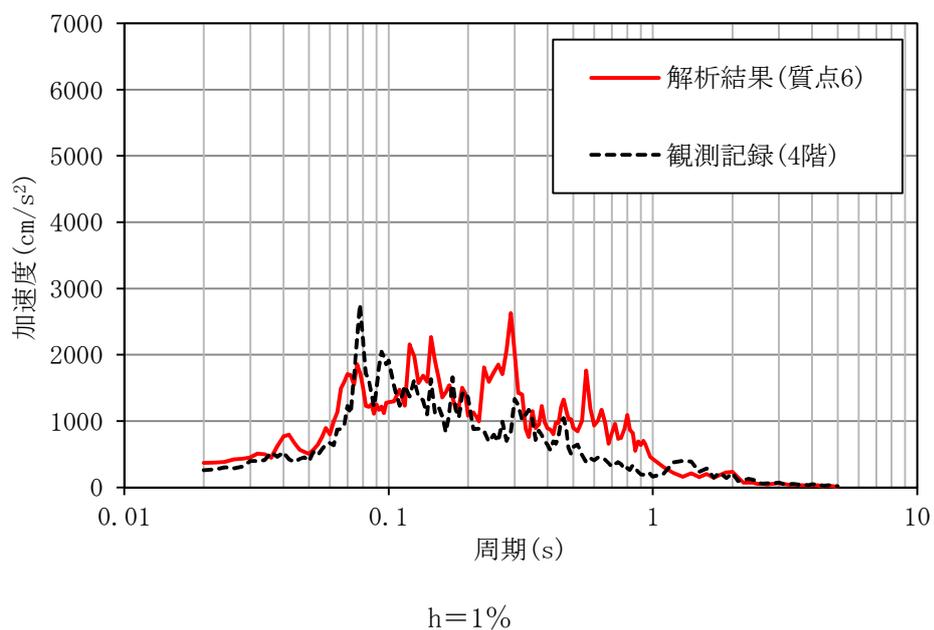
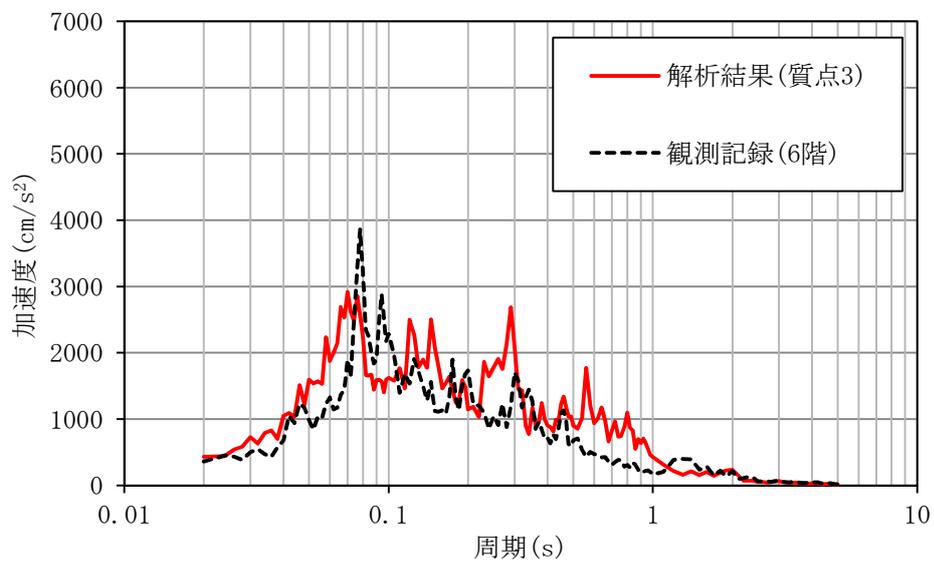
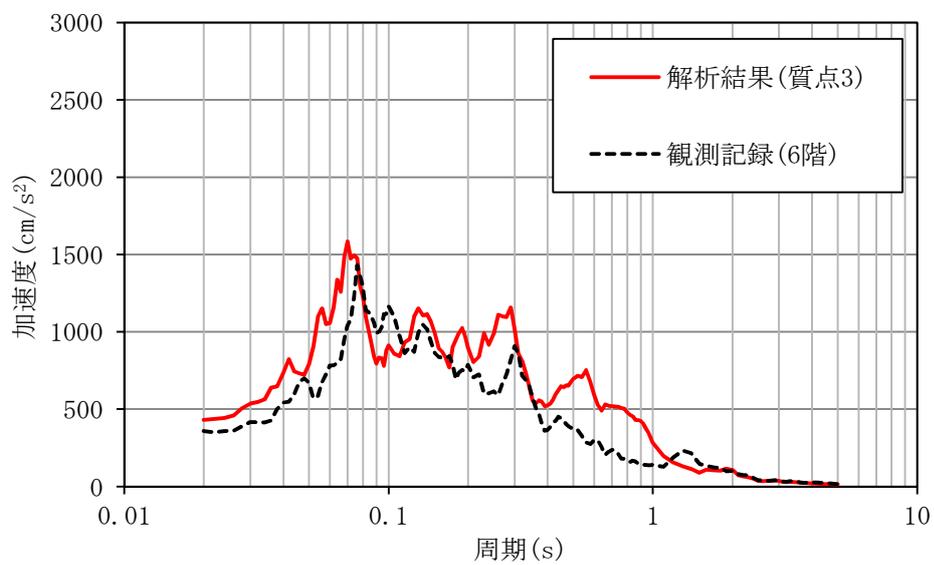


図 3-2 (3/4) 床応答スペクトルの比較 (鉛直方向)



$h=1\%$



$h=5\%$

6階

図 3-2 (4/4) 床応答スペクトルの比較 (鉛直方向)

別紙 2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデルについて

目 次

1. 概要.....	1
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋モデルの妥当性検討.....	2
2.1 地震計設置位置.....	2
2.2 シミュレーション解析結果.....	4
2.3 施設の耐震評価への影響検討.....	2
2.4 工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について.....	6

1. 概要

DC 今回工認モデルの妥当性確認として、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震（以下「東北地方太平洋沖地震」という。）時の観測記録を用いたシミュレーション解析を実施した。解析に用いる地震の諸元を図2-1に示す。

地震名	2011年東北地方太平洋沖地震
発生日時	2011年3月11日 14時46分頃 ^(注)
マグニチュード	9.0 ^(注)
震源深さ	24km ^(注)
震央距離	270
震源距離	271

(注) 気象庁発表値



図2-1 東北地方太平洋沖地震の震央位置

2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋モデルの妥当性検討

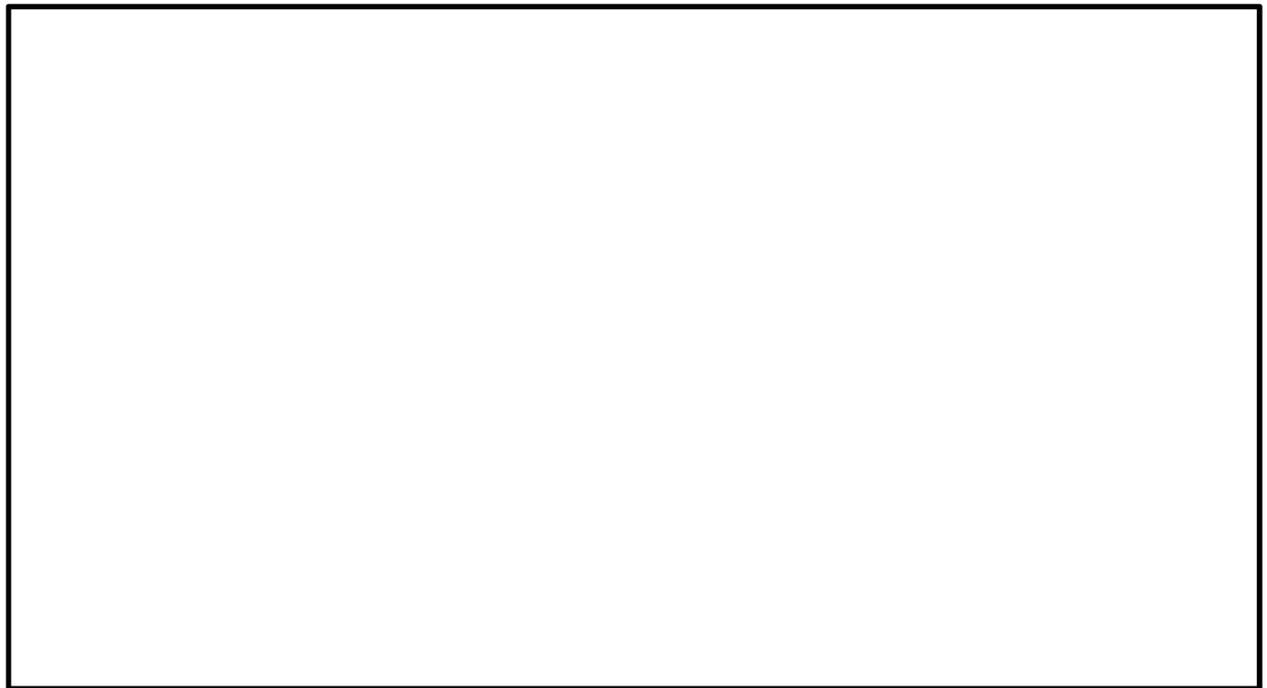
2.1 地震計設置位置

使用済燃料乾式貯蔵建屋には、地震時の基本的な振動性状を把握する目的で基礎上端と屋根トラス上部に各 1 台の地震計を設置している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置を図 2-2 に示す。



(a) 断面図



(b) 1階 (EL. 8.3 m) 平面図

図 2-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置

2.2 シミュレーション解析結果

観測記録を用いたシミュレーション解析は、使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答解析モデル（以下「DC 今回工認モデル」という。）を用いた。既工認での地震応答解析の概要図を図 2-3 に、今回工認での評価の概要図を図 2-4 に、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として、最大応答加速度分布の比較を図 2-5 に床応答スペクトルの比較を図 2-6 に示す。各解析結果の比較図には建設工認時の地震応答解析モデル（以下「DC 既工認モデル」という。）による結果も参考として示す。

観測記録とシミュレーション解析結果との比較結果を踏まえた施設影響について、以下説明する。

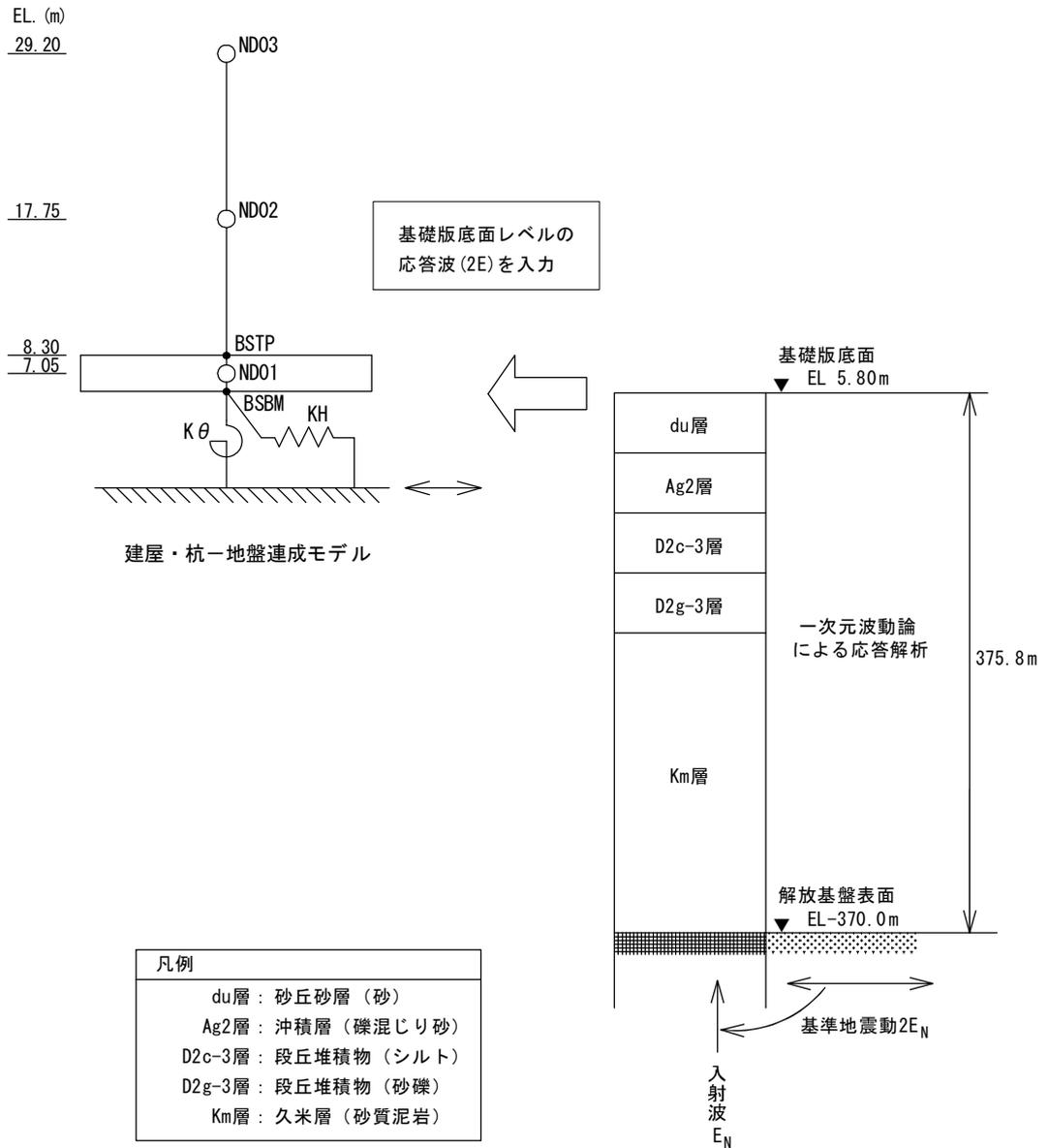
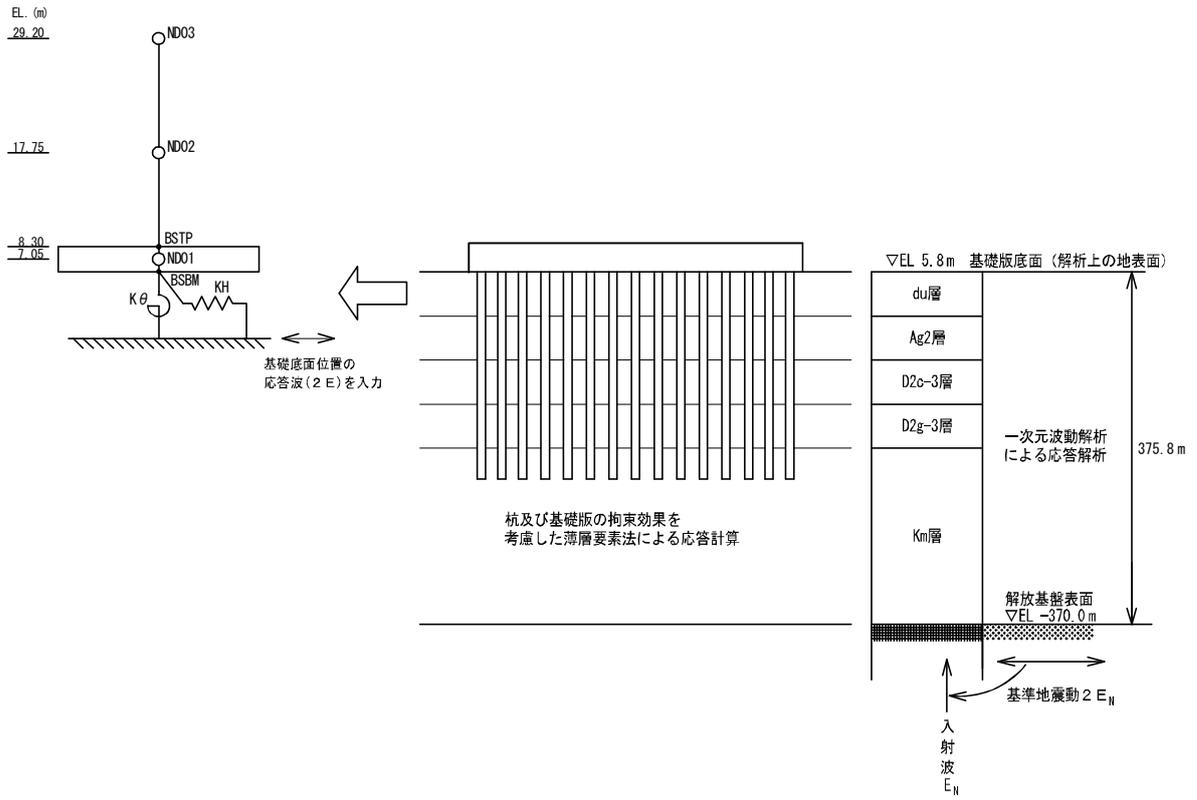
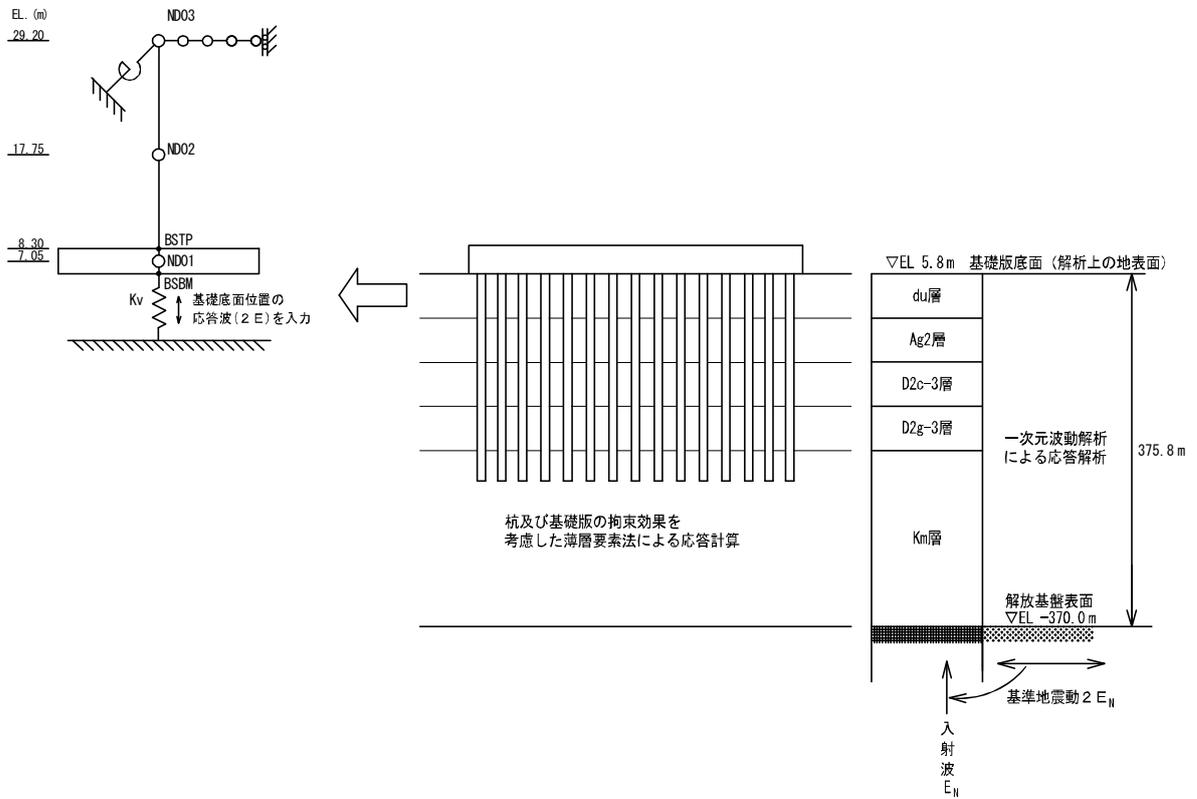


図 2-3 地震応答解析の概要図 (既工認)



(水平方向)



(鉛直方向)

図 2-4 地震応答解析の概要図 (今回工認での評価)

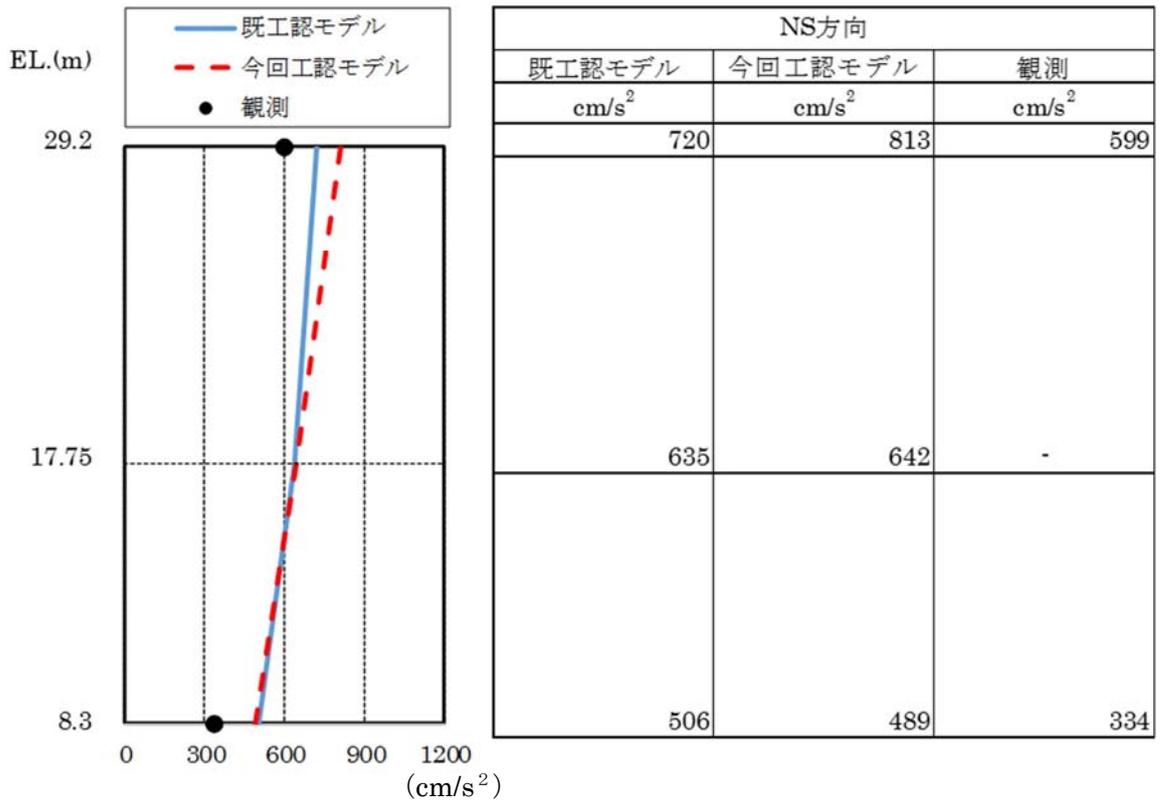
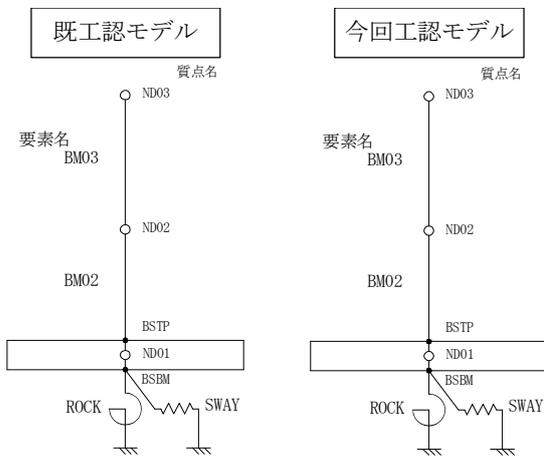


図 2-5 (1/3) 最大応答加速度分布の比較 (NS 方向)



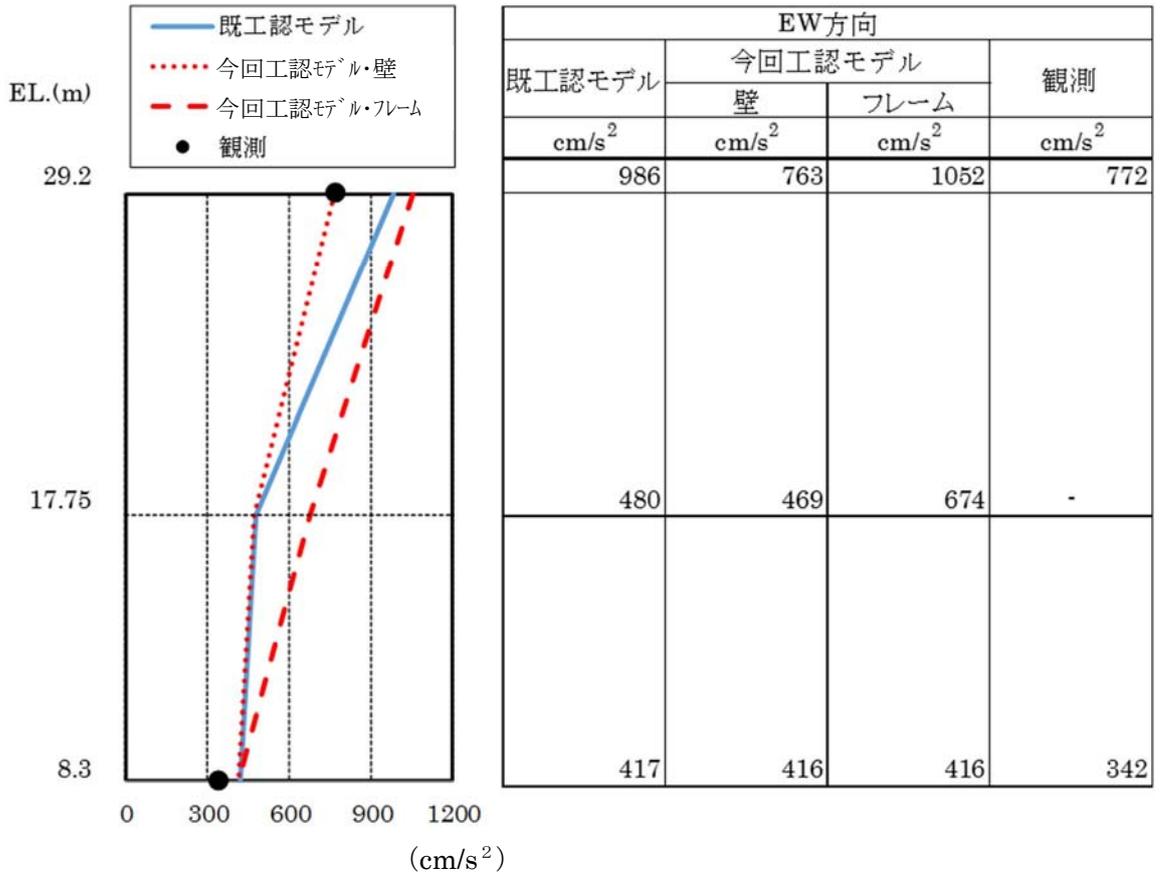
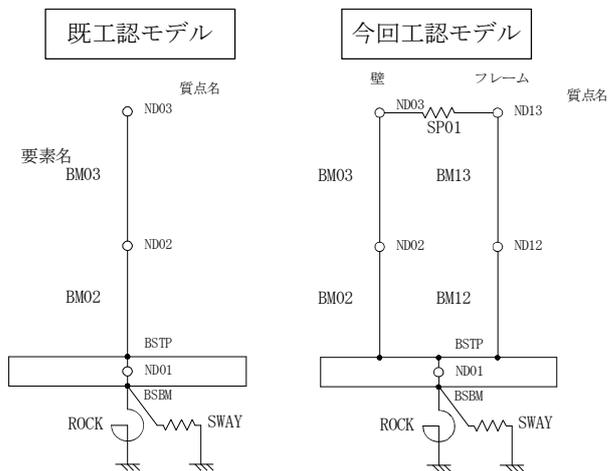


図2-5 (2/3) 最大応答加速度分布の比較 (EW方向)



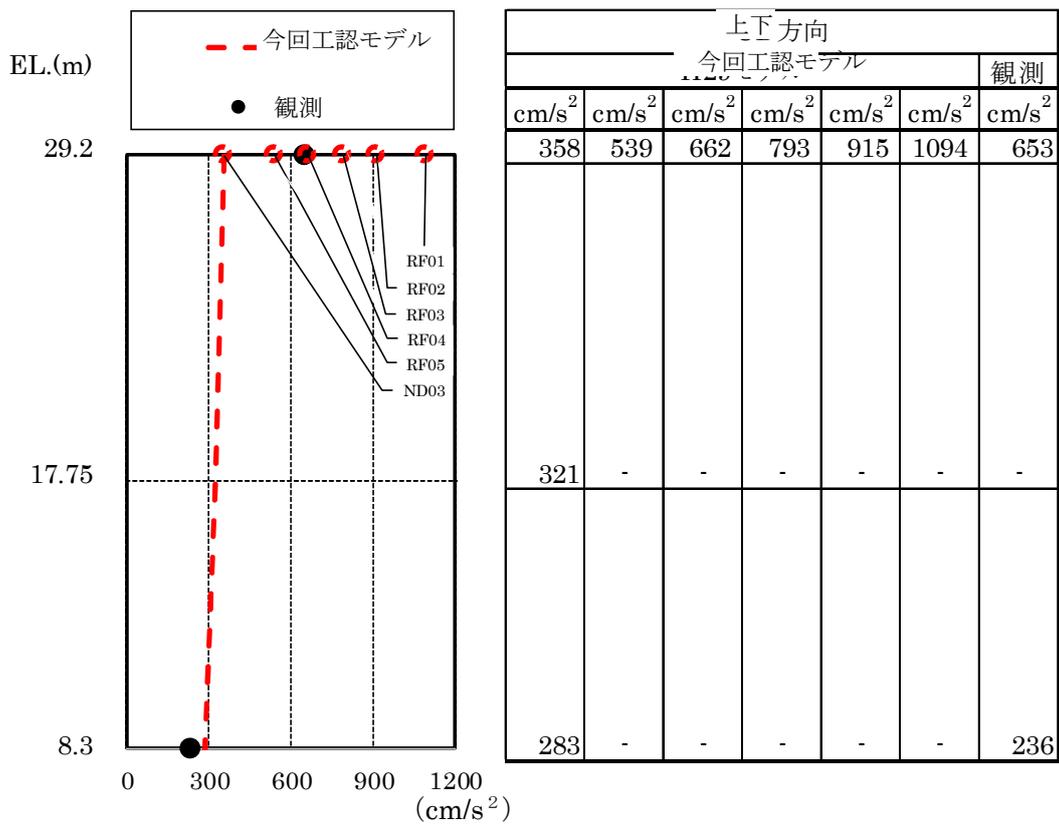
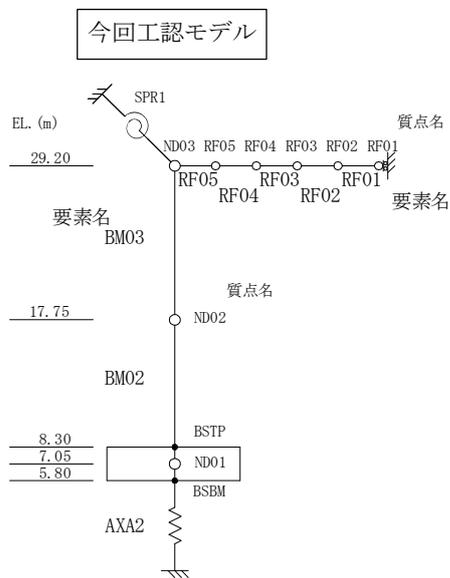


図2-5 (3/3) 最大応答加速度分布の比較 (鉛直方向)



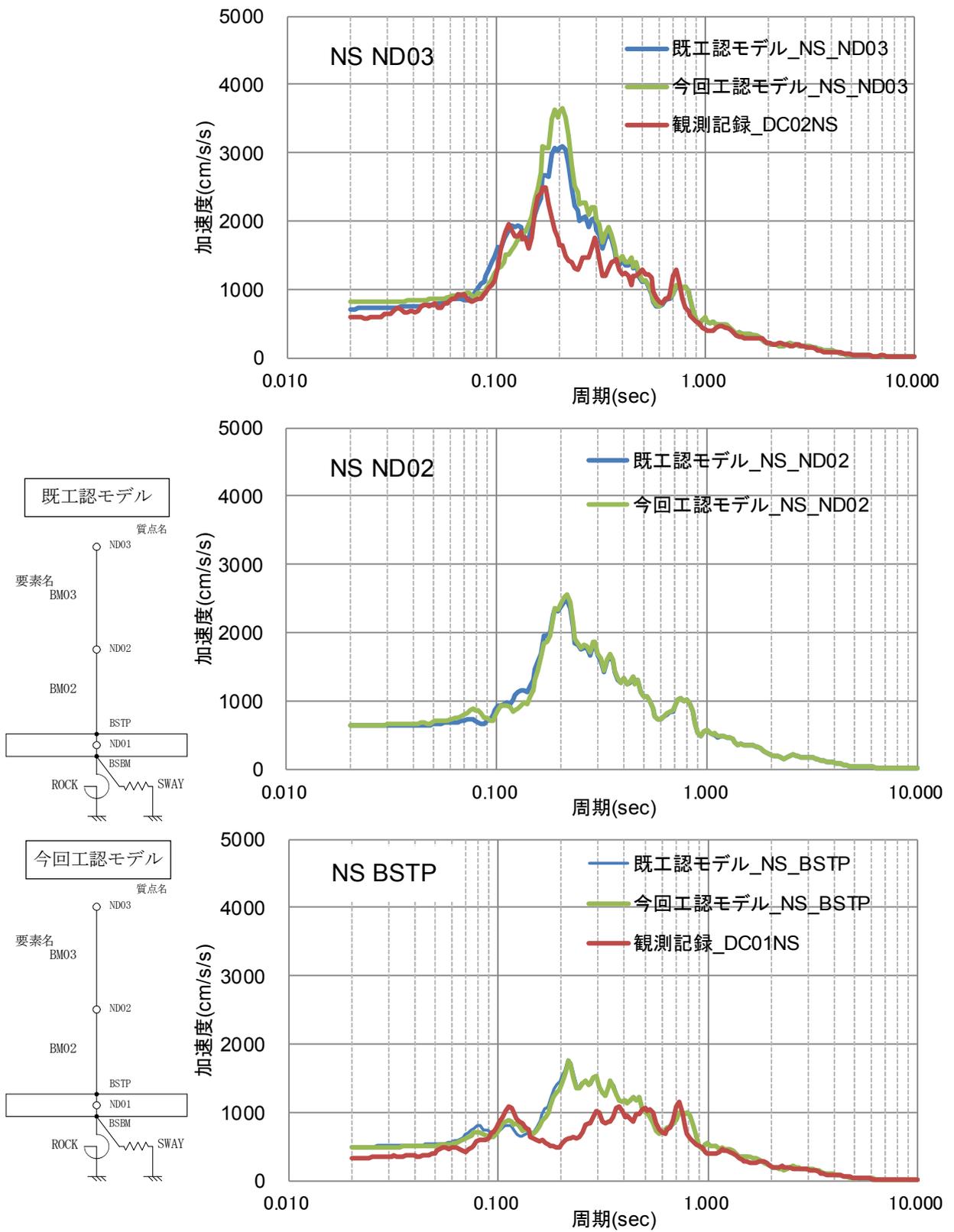


図 2-6 (1/3) 床応答スペクトルの比較 (NS 方向, h = 5%)

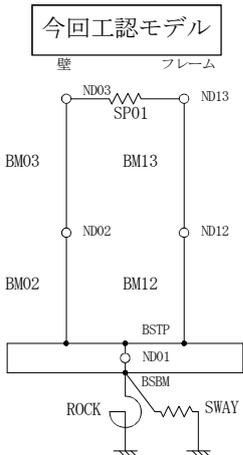
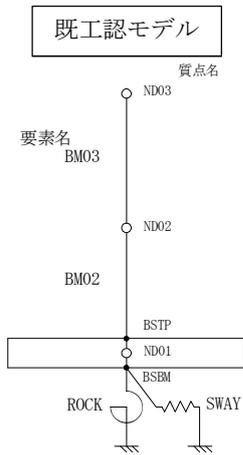
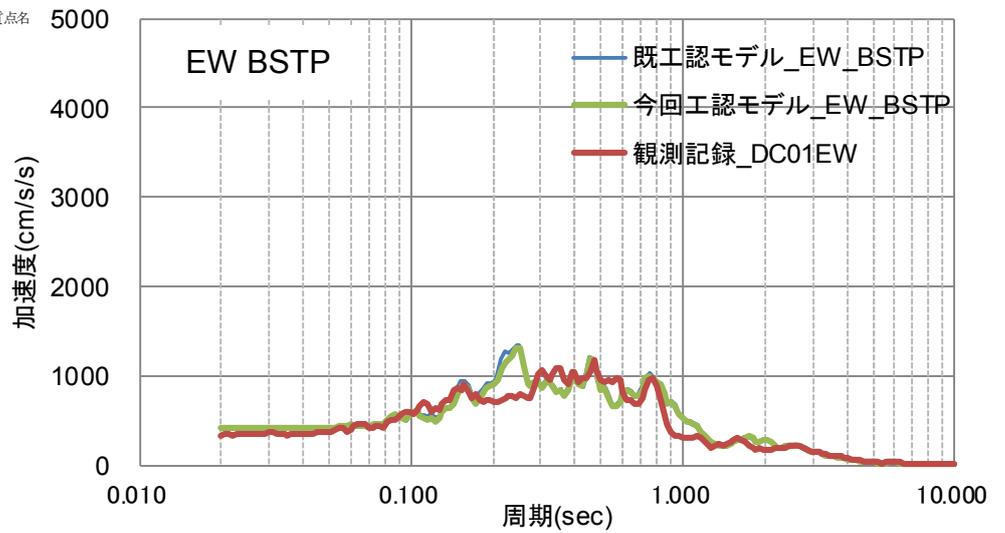
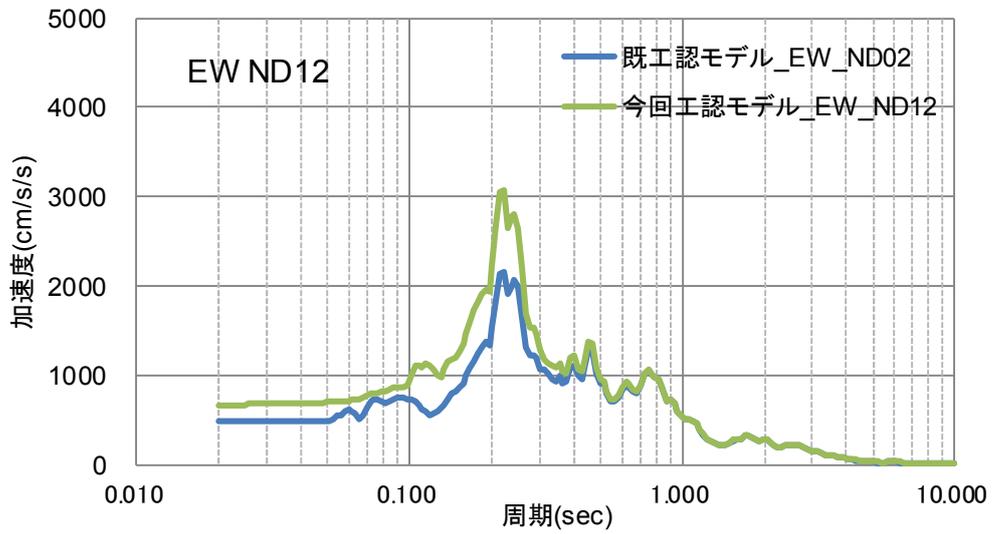
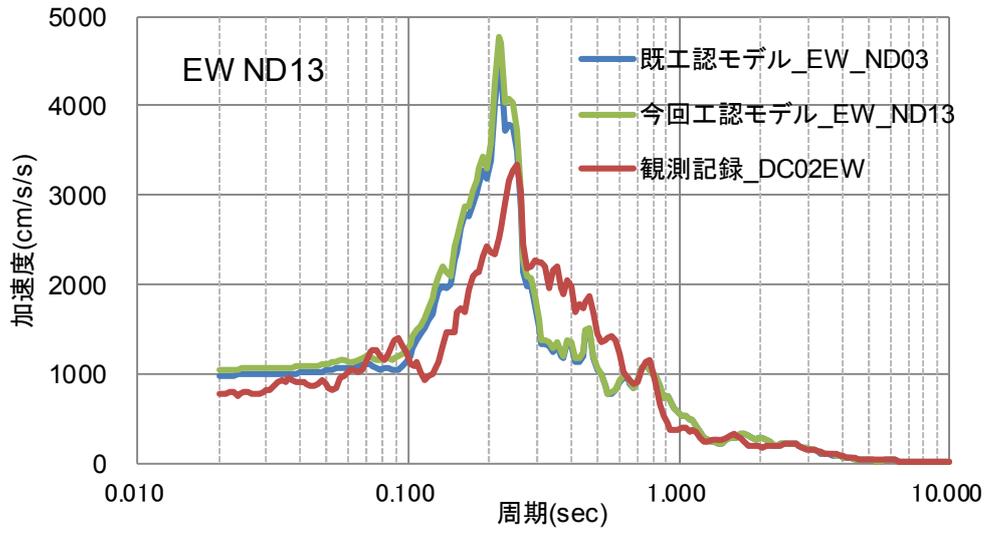


図 2-6 (2/3) 床応答スペクトルの比較 (EW 方向, h=5%)

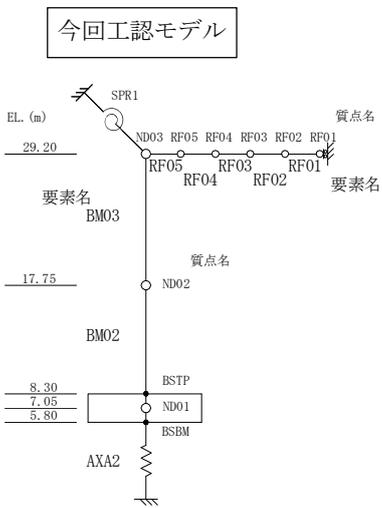
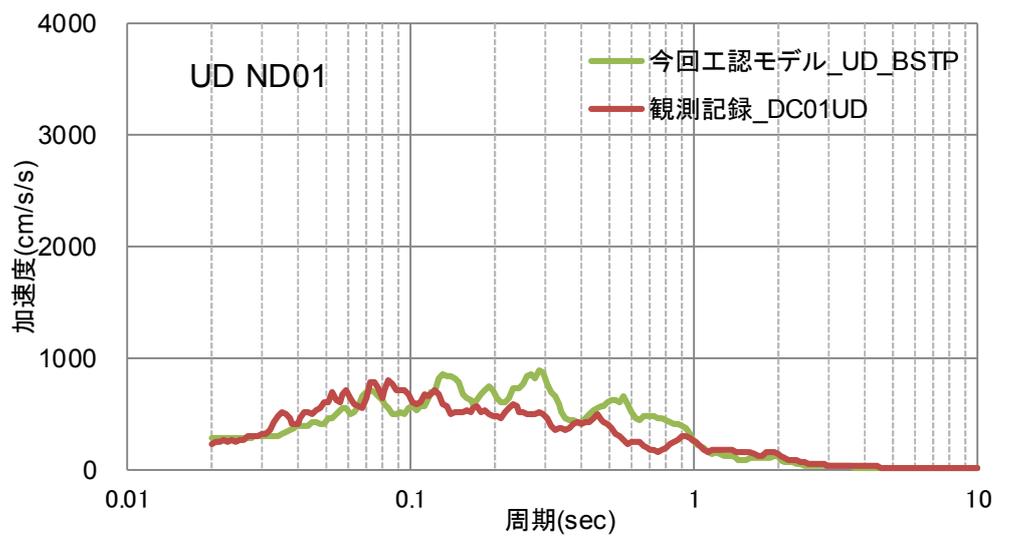
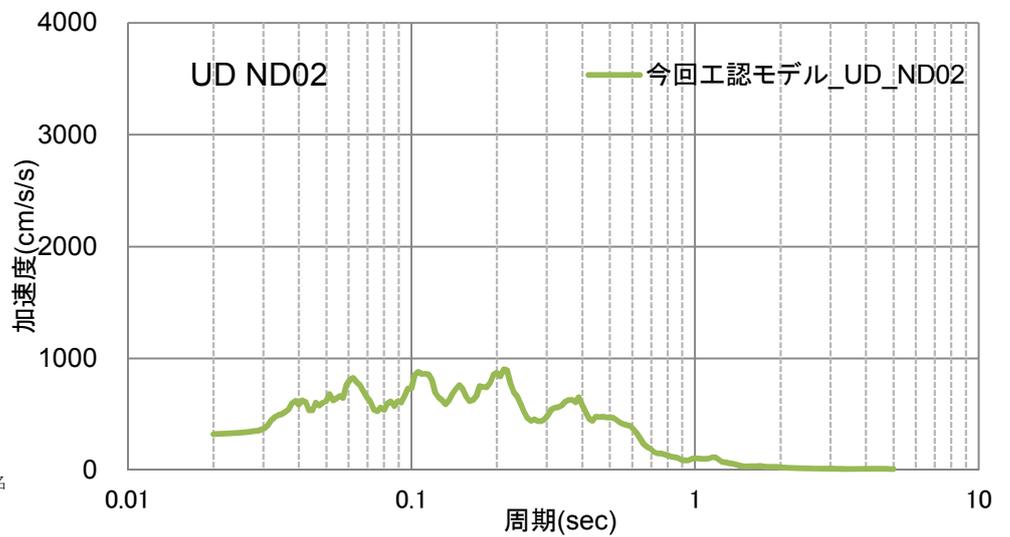
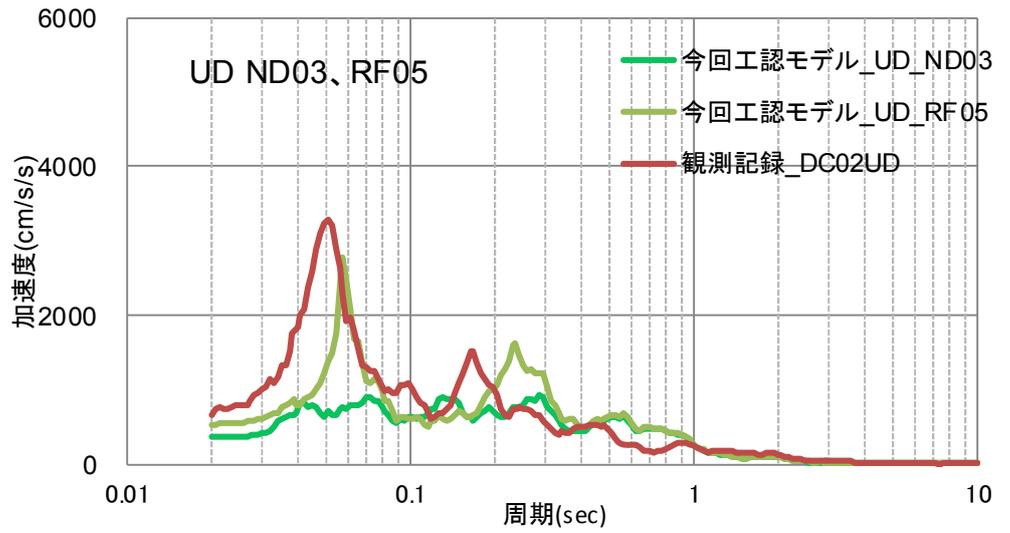


図 2-6 (3/3) 床応答スペクトルの比較 (上下方向, h = 5%)

2.3 施設の耐震評価への影響検討

2.3.1 建屋への影響

使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震計設置位置での観測記録と今回工認モデルを用いたシミュレーション解析の応答とを比較した結果、最大応答加速度分布は観測記録がシミュレーション解析を上回らないことが確認できたため、DC建屋の耐震評価に影響はない（図2-5）。

2.3.2 機器・配管系への影響

(1) 影響検討対象設備

使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置された機器・配管系として、使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「ドライキャスク」という。）及び使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン（以下「DC建屋クレーン」という。）がある。影響検討対象設備を表3-1に示す。

表 3-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置の影響検討対象設備

影響検討対象設備	設置階高
ドライキャスク	EL. 8.3m
DC建屋天井クレーン	EL. 17.75m

(2) 影響評価結果

(a) ドライキャスク

ドライキャスクの耐震評価に用いる EL. 8.3m の最大応答加速度（ZPA）について、シミュレーション解析の結果と観測記録とを比較した結果を表3-2に示す。表3-2に示すとおり観測記録の応答加速度はシミュレーション解析の加速度を上回らないことが確認できたため、使用済燃料乾式貯蔵容器（DC）の耐震評価に影響はない。

表 3-2 使用済燃料乾式貯蔵建屋 EL. 8.3m の応答加速度比較

	方向	応答加速度 (cm/s ²)	
		シミュレーション 解析結果	観測記録
使用済燃料乾式 貯蔵建屋 EL. 8.3m	水平	489	342
	鉛直	283	236

(b) DC建屋クレーン

DC建屋クレーンは、EL. 17.75m のクレーンガーダ上に設置されている。地震観測計は EL8.3m 及び EL29.2m に設置されており、シミュレーション解析結果との比較も当該階で実施していることから、EL8.3m 及び EL29.2m による床応答スペクトルの比較により影響を確認する。

図 3-1 に観測記録の床応答スペクトルとシミュレーション解析結果の床応答スペクトルとの比較にDC建屋クレーンの1次固有周期を記載して示す。またDC建屋クレーンの1次固有周期を表 3-3 に示す。

シミュレーション解析結果の応答加速度値のほうが観測記録の応答加速度値を概ね大きな値となっていることを確認した。鉛直方向の固有周期 0.128 秒で観測記録のほうが大きな応答加速度値となっているが、耐震評価で支配的な解析条件となる吊荷有りの1次固有周期 0.292 秒及び0.239 秒ではシミュレーション解析のほうが応答加速度値は大きいことから問題ない。

表 3-3 DC建屋クレーンの1次固有周期

ガーダ位置	吊荷	1次固有周期 (秒)		
		NS方向	EW方向	鉛直方向
中央	有	0.190	0.174	0.292
	無	0.191	0.175	0.128
端部	有	0.141	0.177	0.239
	無	0.141	0.178	0.103

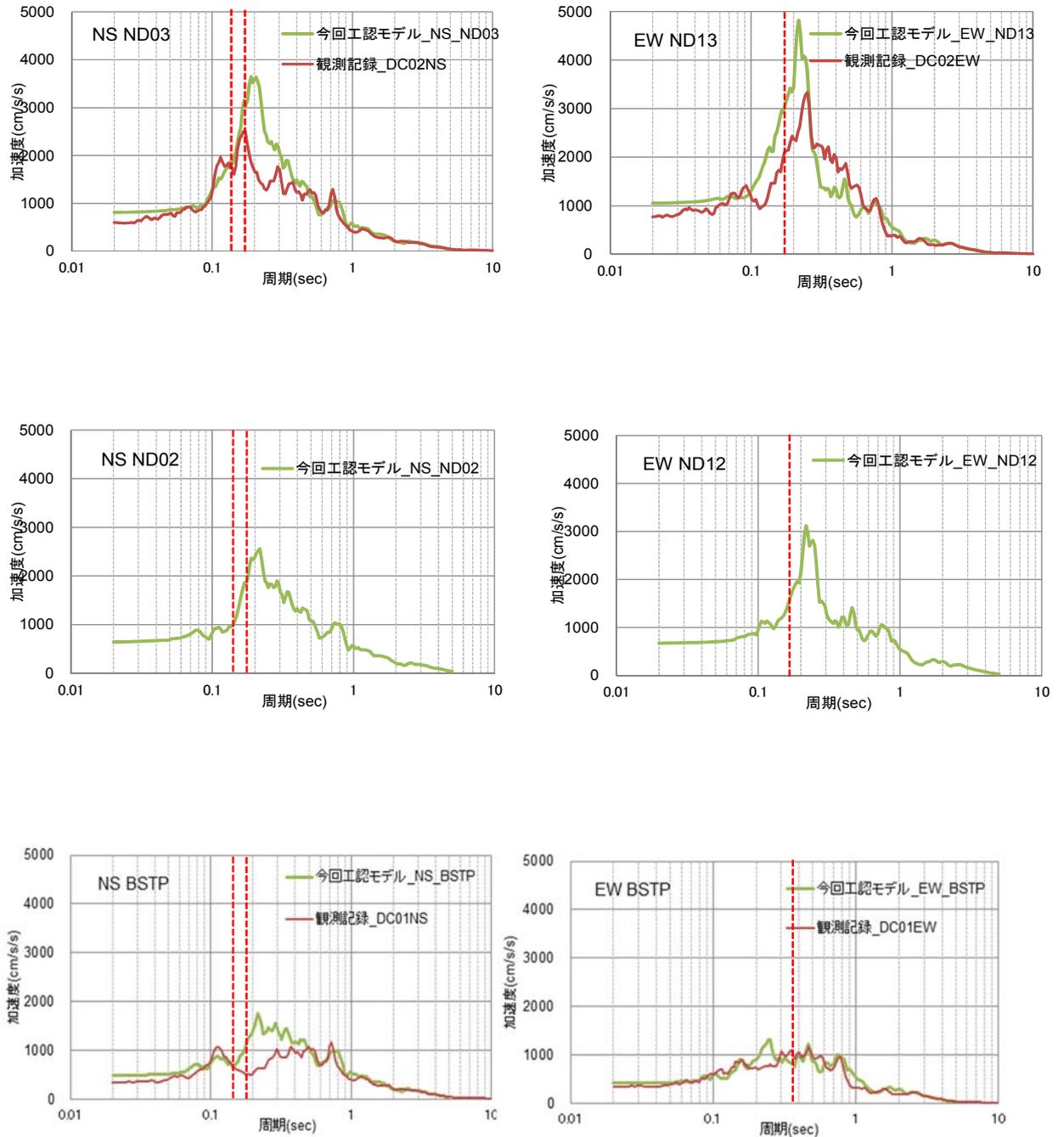


図 4-1(1) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の床応答スペクトル比較図

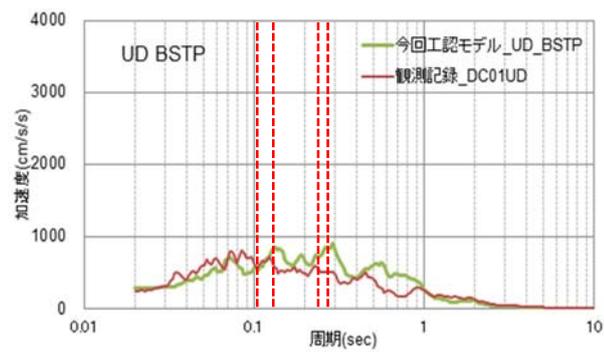
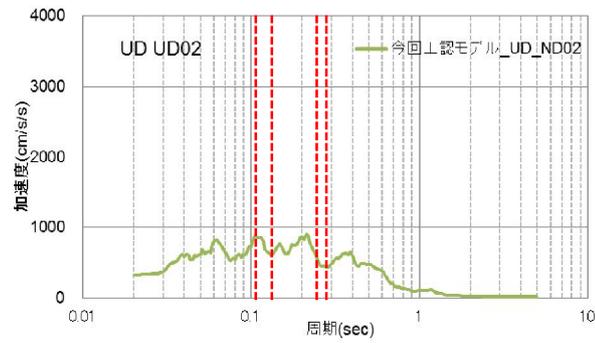
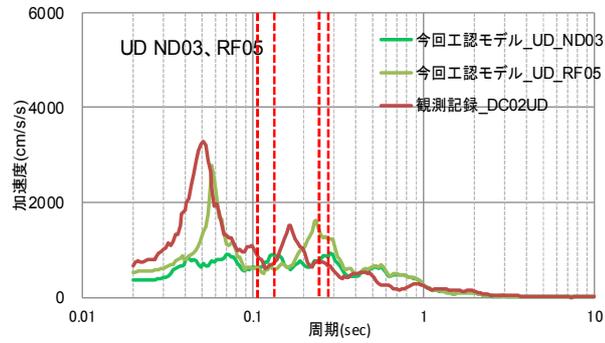


図 4-1(2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の床応答スペクトル比較図

2.4 工認に用いる地震応答解析モデルの妥当性について

使用済燃料乾式貯蔵建屋が細長い形状をしていること等を考慮し、地震応答解析モデルを既工認から変更した。東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果より、貯蔵容器への入力となる EL. 8.3 m の基礎上端での応答及び建屋有周期近傍での建屋応答を概ね安全側に評価出来ていることを確認した。

以上の結果を踏まえ、使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算及び耐震計算書に用いる応答解析モデルには、DC 今回工認モデルを用いることとした。