

東海第二発電所 原子炉建屋の東北地方太平洋沖地震シミュレーション解析における
観測記録との差異の考察について

1. はじめに

ここでは、東北地方太平洋沖地震のはざとり波を用いたシミュレーション解析における、観測記録と質点系モデルでの解析結果との差異について考察する。

2. シミュレーション解析概要

シミュレーション解析は、解放基盤表面レベル（EL. -370 m）で定義される東北地方太平洋沖地震のはざとり波を用いた質点系モデルによる地震応答解析とし、原子炉建屋に設置された地震計位置での観測記録と解析結果とを比較する。原子炉建屋の地震計設置位置を図 2-1 に、解析モデルを図 2-2 に示す。

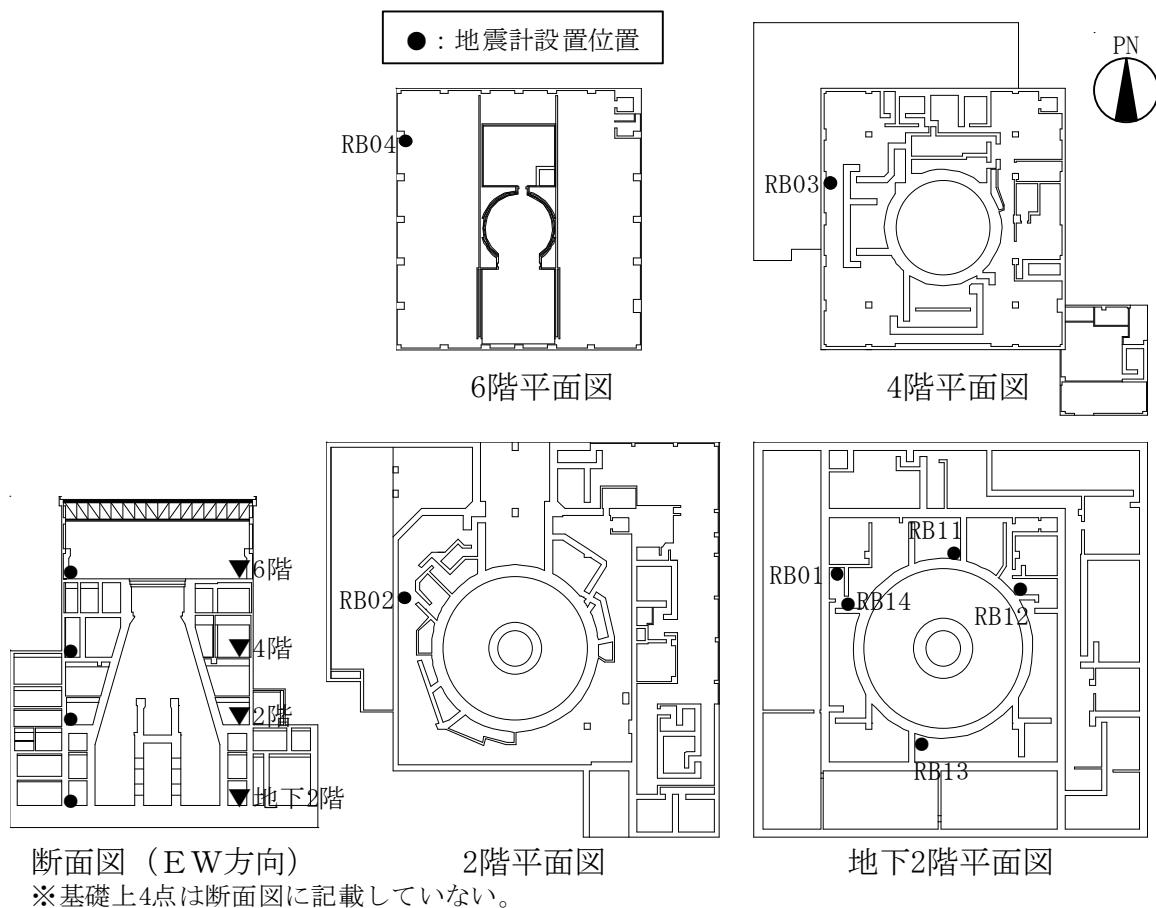
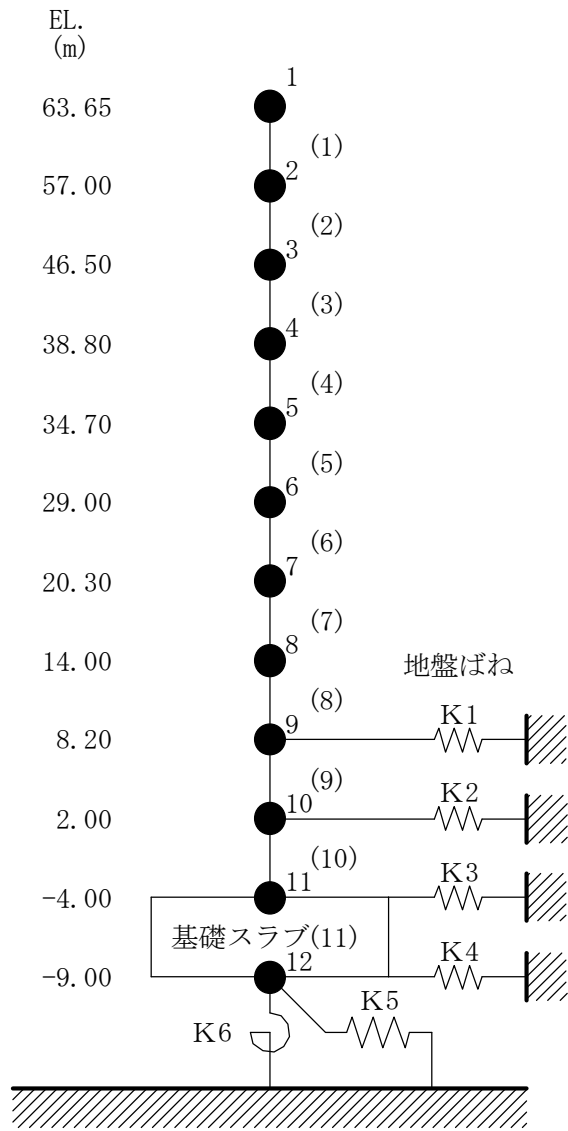


図 2-1 原子炉建屋の地震計設置位置



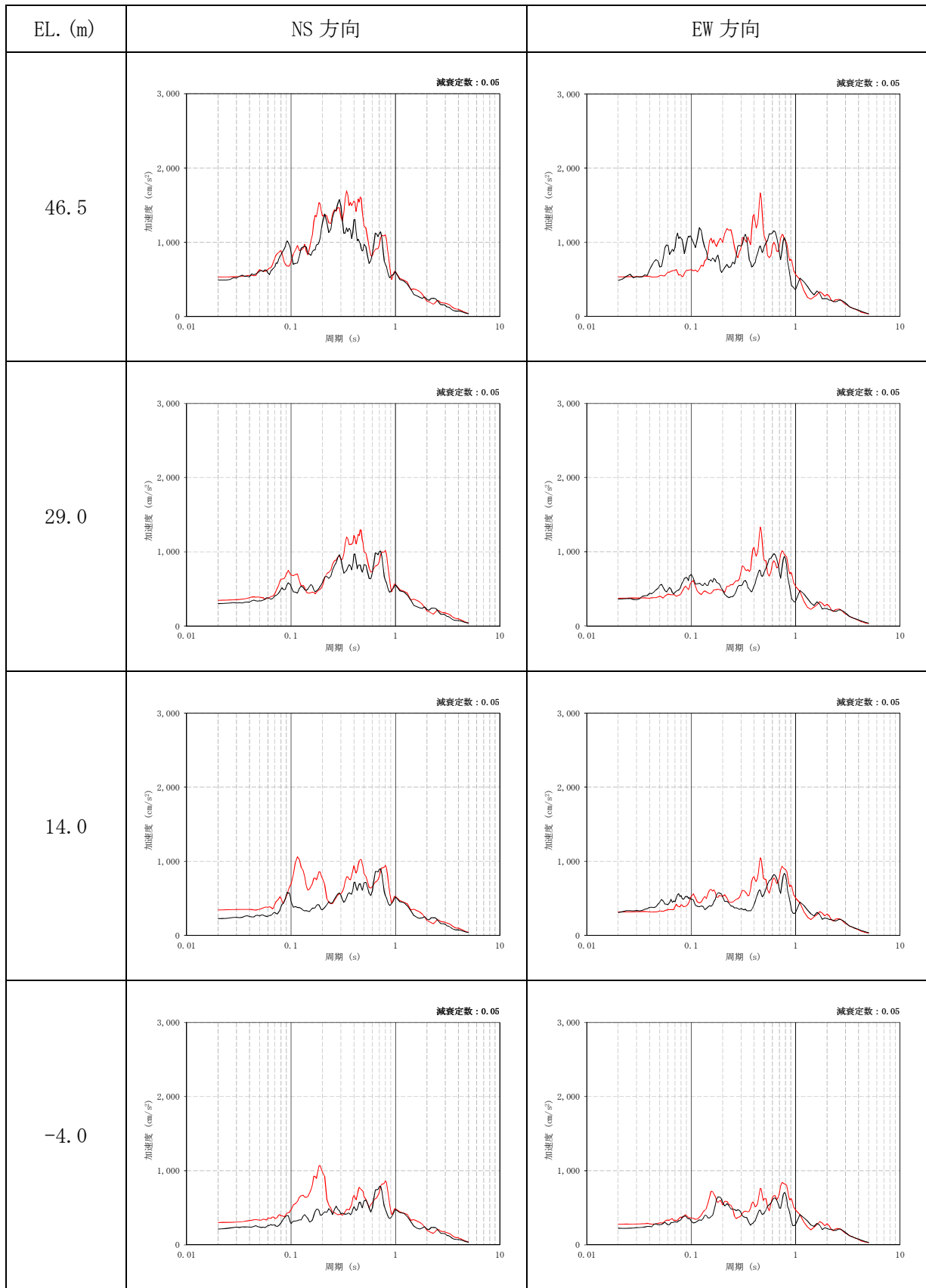
- ・ 数字は質点番号を示す。
- ・ () 内は要素番号を示す。

図 2-2 地震応答解析モデル

3. シミュレーション解析結果

加速度計設置レベルである EL. 46.5m, EL. 29.0m, EL. 14.0m および EL. -4.0m における床応答スペクトルの比較を図 3-1 に示す。

NS 方向および EW 方向の各レベルにおいて、解析結果は観測記録と概ね良い対応を示している。ほぼ全ての周期帯において解析結果と観測記録は概ね同等もしくは解析結果が観測記録を上回る結果となっているが、EL. 46.5m の EW 方向では、0.1 秒～0.2 秒付近より短周期側の周期帯において、観測記録が解析結果を大きく上回る結果となっている。



— 解析結果 — 観測記録

図 3-1 床応答スペクトルの比較

4. 観測記録との差異の考察

ここでは、EL. 46.5m の EW 方向において生じる観測記録と質点系モデルによるシミュレーション解析結果との差異について、3次元 FEM モデルを用いた地震応答解析により考察を行う。

4.1 3次元 FEM モデル概要

3次元 FEM モデルにおけるモデル化の範囲は、原子炉棟、附属棟および基礎とし、床柔性および地盤との相互作用を考慮したモデルとする。

耐震壁、補助壁および床スラブはシェル要素、柱および梁はバー要素、基礎はソリッド要素とする。

使用材料の物性値を表 4-1 に、解析モデルを図 4-1 に示す。なお、コンクリート強度は設計基準強度を用いるものとする。

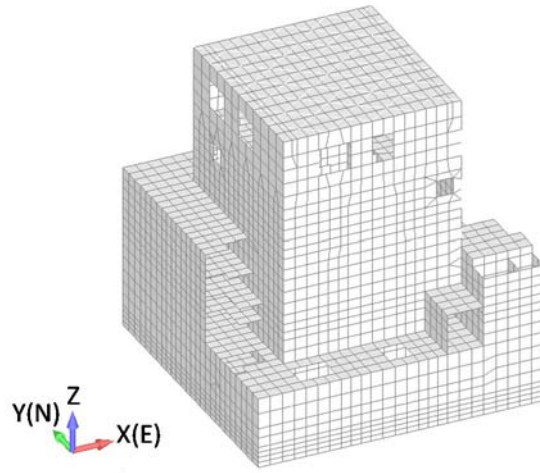
建屋－地盤の相互作用は、質点系モデルの基礎底面地盤ばねおよび側面地盤ばねと整合するよう、地盤をばね要素でモデル化することで考慮する。

基礎底面地盤ばねについては、質点系モデルで考慮したスウェイ、ロッキングおよび鉛直ばねの値を元に、3次元 FEM モデルの基礎底面の各節点位置に要素面積に応じて離散化する。ただし、鉛直ばねのうち、水平方向加振用は、基礎底面ロッキングばねを元に NS 方向と EW 方向の平均値として設定する。

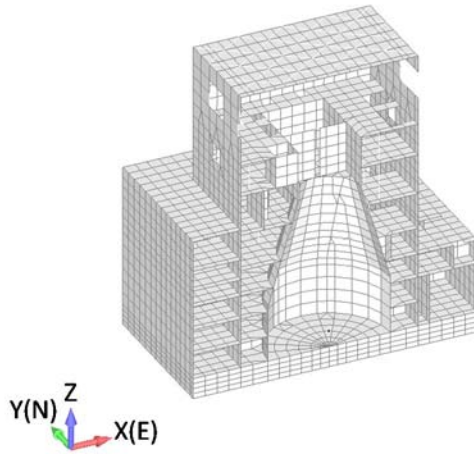
基礎側面の地盤ばねについては、質点系モデルで考慮している側面水平地盤ばねの値を基に、各質点レベルに対応する各節点位置に要素面積に応じて離散化する。

表 4-1 使用材料の物性値

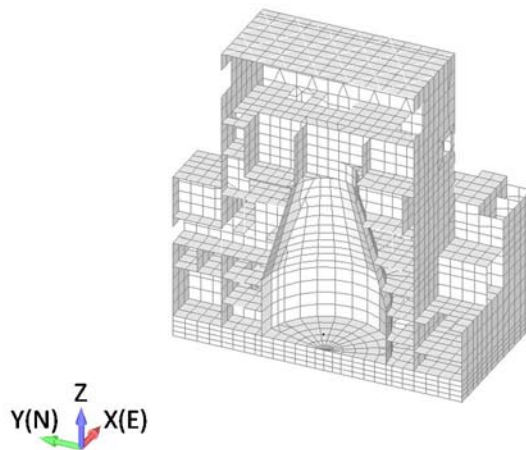
部位	ヤング係数 (N/mm ²)	減衰定数 (%)
鉄筋コンクリート部	2.21×10^4	5
鉄骨部	2.05×10^5	2



(a) 建屋全景



(b) EW 断面図



(c) NS 断面図

図 4-1 解析モデル

4.2 3次元FEMモデルを用いた地震応答解析

(1) 解析概要

入力地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベル (EL. -370 m) で定義されるはざとり波に対する建屋基礎底面および側面地盤ばねレベルでの地盤の応答として評価する。なお、鉛直方向については、建屋基礎底面レベルでの地盤の応答のみを用いる。

また、地震応答解析は NS 方向、EW 方向および鉛直方向の各 1 方向入力と 3 方向同時入力により行う。

(2) 解析結果

応答評価点は、対称性を考慮して平面的に 4 分割した北西部の代表点とする。各応答評価点における EW 方向の EL. 46.5 m での床応答スペクトルを図 4-2 および図 4-3 に示す。

各応答評価点において、EW 方向の 1 方向入力による EW 方向の床応答スペクトルは、質点系モデルと同様の傾向を示しており、0.1 秒～0.2 秒より短周期側の周期帯において観測記録と差異を生じている。また、3 方向同時入力と EW 方向 1 方向入力の結果を比較すると、I/W 西面北端や北面中央では大きな差はないが、NS 方向スパンの中央部に近づくにつれて、短周期側の応答が観測記録と同様の傾向を示すようになる。さらに、鉛直方向の 1 方向入力時の応答は短周期側で生じており、NS 方向スパンの中央部になるにつれて大きくなっている。なお、その他の部位についても同様の傾向となっている。

以上のことから、観測記録と解析結果での短周期側での差は、鉛直方向入力により生じる EW 方向の局所的な応答の影響によるものが大きいと考えられ、質点系モデルにおいては、局所応答などの 3 次元的な応答特性による影響を評価できないために観測記録との間に差異が生じたものと考えられる。

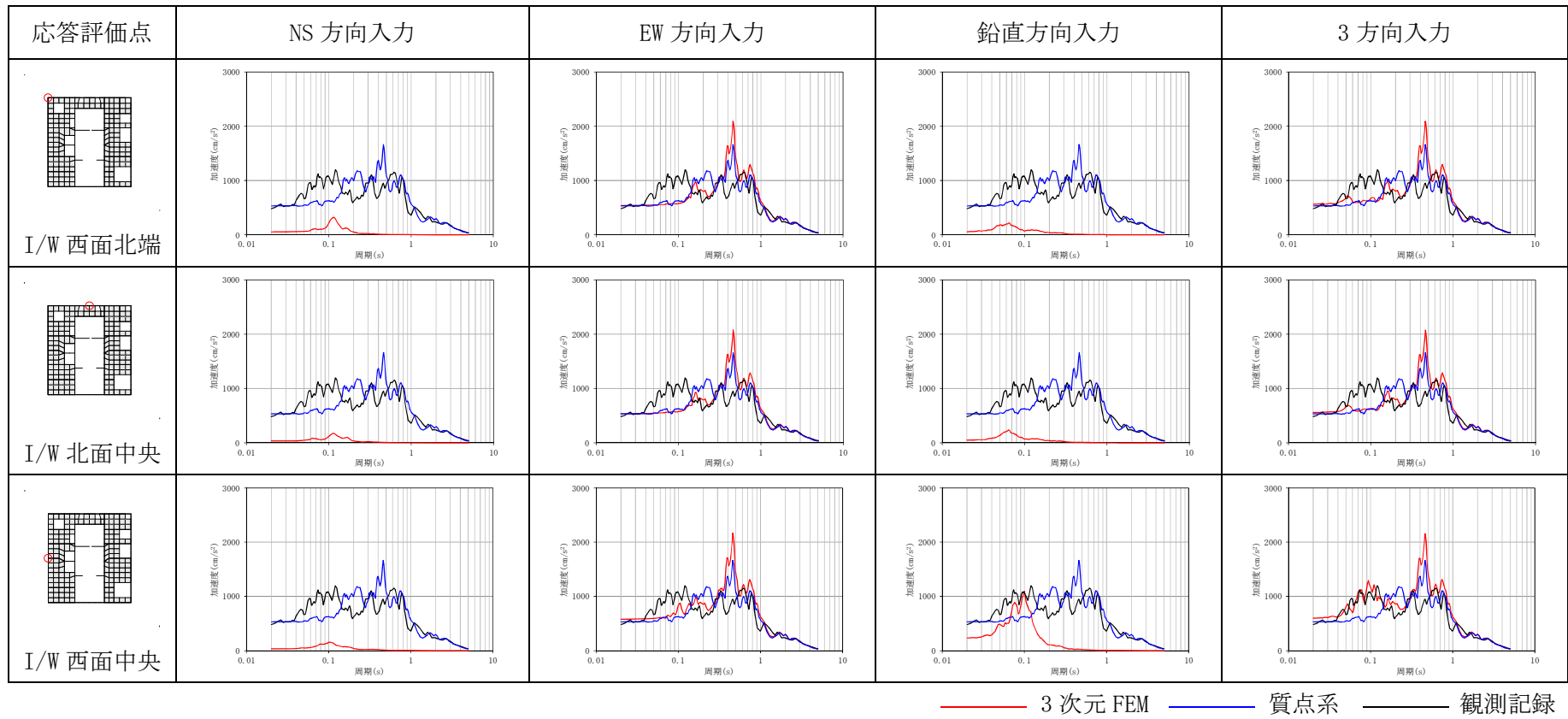


図 4-2 床応答スペクトル (EL. 46.5m, EW 方向応答, I/W 位置)

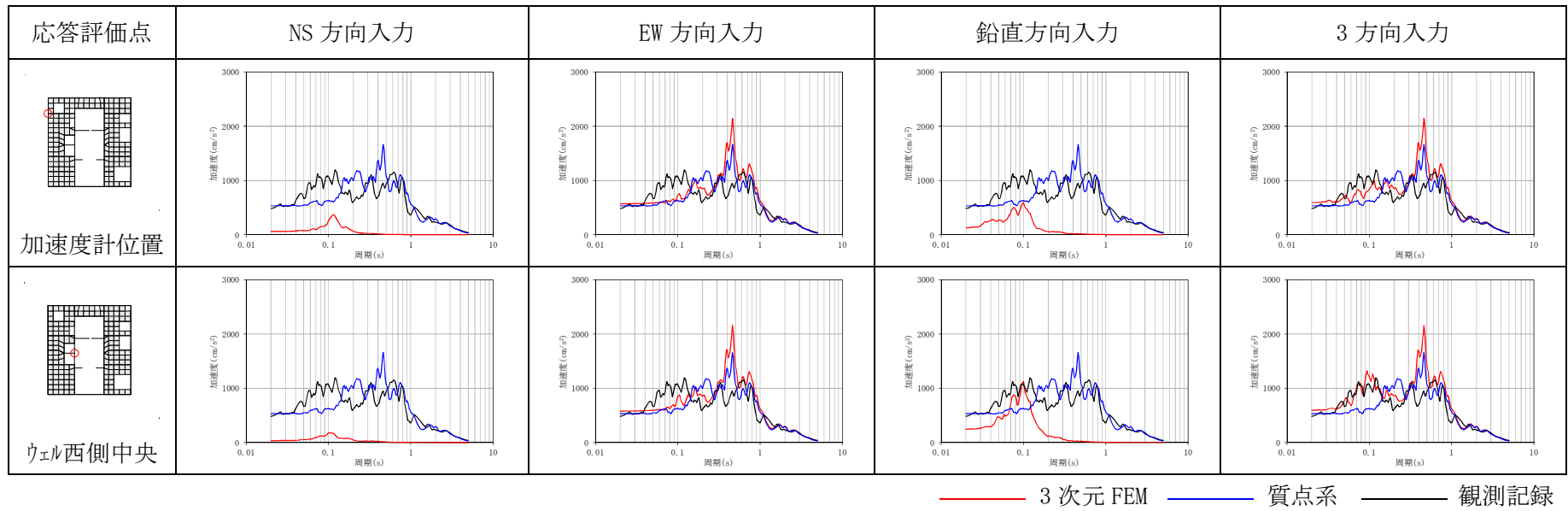


図 4-3 床応答スペクトル (EL. 46.5m, EW 方向応答, 加速度計位置・ウェル部)

5. まとめ

質点系モデルでの東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析において生じる観測記録との差異について、3次元 FEM モデルを用いた地震応答解析結果により考察を行った。

3次元 FEM モデルにおける地震応答解析から、観測記録で見られる短周期側の応答の差異は、鉛直方向入力による EW 方向の応答による影響が大きいと考えられる。よって、質点系モデルでは3方向同時入力や3次元的な応答特性による影響を考慮できないため、観測記録との間に差異が生じたと考えられる。