

## 大洗研究所(常陽)

# 建物基礎下レベルでの地震動評価について

令和3年3月5日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

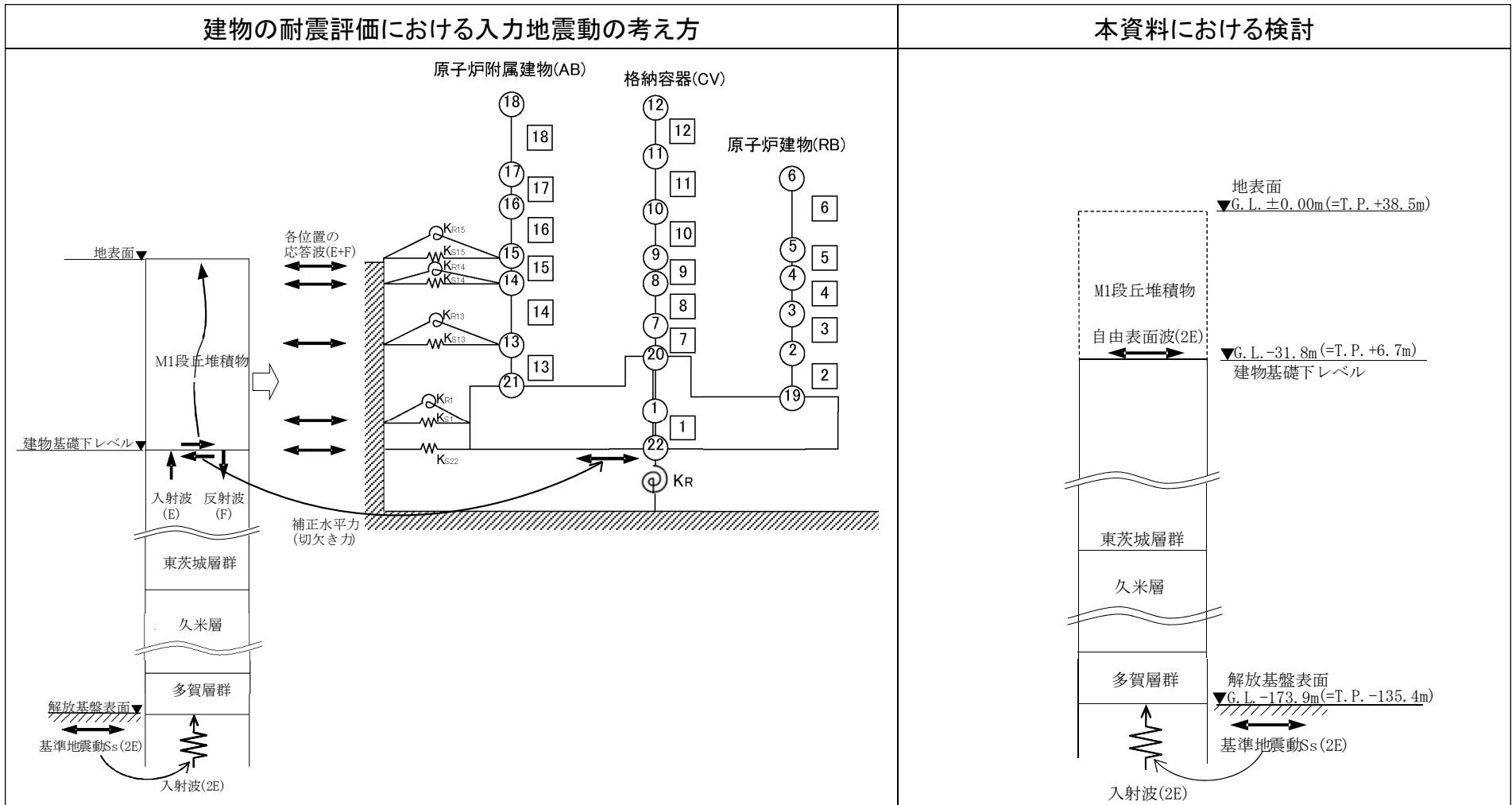


# 目次

|                          |       |    |
|--------------------------|-------|----|
| 1. 建物基礎下レベルでの地震動の考え方     | ..... | 3  |
| 2. 建物基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル | ..... | 4  |
| 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価       | ..... | 8  |
| 4. まとめ                   | ..... | 16 |

# 1. 建物基礎下レベルでの地震動の考え方

- 建物の耐震評価に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義された基準地震動 $S_s$ に対して一次元波動論にて評価した各位置の応答波(E+F)に加え、建物基礎版底面に補正水平力(切欠き力)を考慮する。
- 本資料においては、解放基盤表面で定義された基準地震動 $S_s$ が、建物基礎版の底面レベル(以下、「建物基礎下レベル」という。)まで上昇する際の増幅特性の確認を目的とし、解放基盤表面に基準地震動 $S_s$ を入力した際の建物基礎下レベルにおける自由表面波(2E)を評価する。
- 解放基盤表面から建物基礎下レベルの間において、地盤の非線形性を考慮するため、一次元波動論を用いた等価線形解析による評価を行う。



## 2. 建物基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル

- 本検討においては、下表に示す耐震設計に用いる浅部地盤モデルにより評価した。
- 密度は、ボーリング孔から採取した供試体を用いた物理試験の結果より設定した。
- S波速度とポアソン比は、ボーリング孔で実施したPS検層の結果より設定した。
- P波速度は、地下水位以深のため体積弾性率一定として設定した。
- 等価線形解析に用いる変形特性は、ボーリング孔から採取した供試体を用いた動的変形試験（繰り返し中空ねじりせん断試験又は繰り返し三軸試験）の結果より設定した。

地震動算定用地盤モデル

| No. | 地層区分  | 上端深度<br>G.L.<br>(m) | 上端深度<br>T.P.<br>(m) | 層厚<br>(m) | 湿潤密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | S波速度<br>$V_s$<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |      |
|-----|-------|---------------------|---------------------|-----------|--|------------------------|----------------|------|
| 1   | 東茨城層群 | Is-S <sub>1</sub>   | -31.80              | 6.70      | 8.20                                   | 1.86                   | 439            | 0.46 |
| 2   |       | Is-C                | -40.00              | -1.50     | 2.90                                   | 1.87                   | 383            | 0.47 |
| 3   |       | Is-S <sub>2</sub> U | -42.90              | -4.40     | 23.10                                  | 1.84                   | 380            | 0.47 |
| 4   |       | Is-Sc               | -66.00              | -27.50    | 10.00                                  | 1.81                   | 401            | 0.47 |
| 5   |       | Is-S <sub>2</sub> L | -76.00              | -37.50    | 11.00                                  | 1.91                   | 448            | 0.46 |
| 6   |       | Is-S <sub>3</sub>   | -87.00              | -48.50    | 7.00                                   | 1.96                   | 493            | 0.45 |
| 7   | 久米層   | Km                  | -94.00              | -55.50    | 62.50                                  | 1.79                   | 522            | 0.45 |
| 8   |       | Ks                  | -156.50             | -118.00   | 11.50                                  | 1.83                   | 611            | 0.44 |
| 9   | 多賀層群  | Tg                  | -168.00             | -129.50   | 5.90                                   | 1.89                   | 903            | 0.39 |
| 10  |       | Tg                  | -173.90             | -135.40   | —                                      | 1.89                   | 903            | 0.39 |

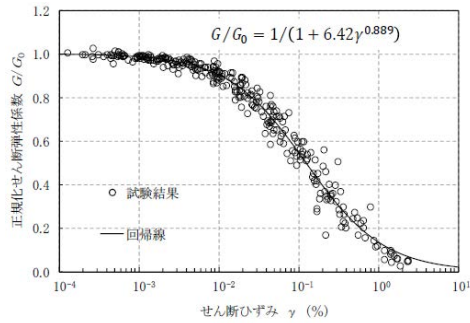
建物基礎下レベル  
(地震動評価位置)

▽地下水位

解放基盤表面

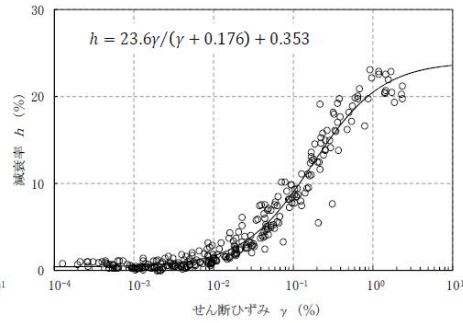
(基準地震動入力位置)

## 2. 建物基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル 動的変形試験結果(1/3)

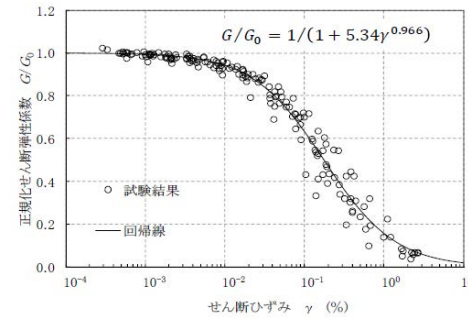


$G/G_0 - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Is-S<sub>1</sub>層)

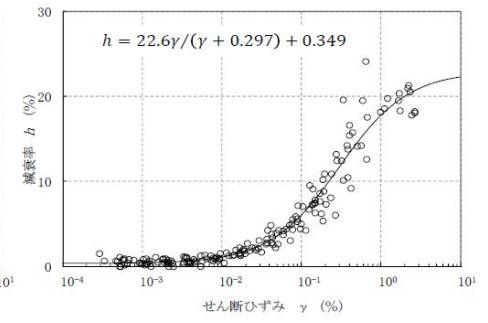


$h - \gamma$  曲線

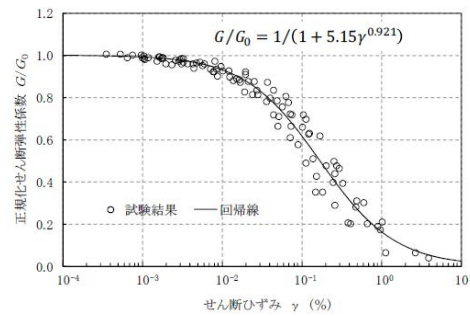


$G/G_0 - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Is-S<sub>2</sub>U層)

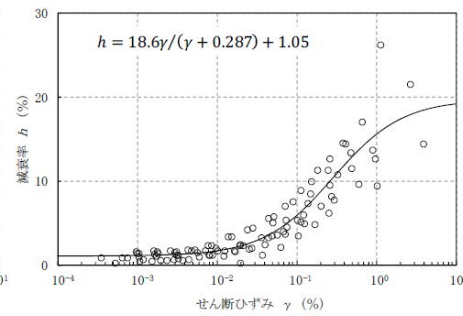


$h - \gamma$  曲線

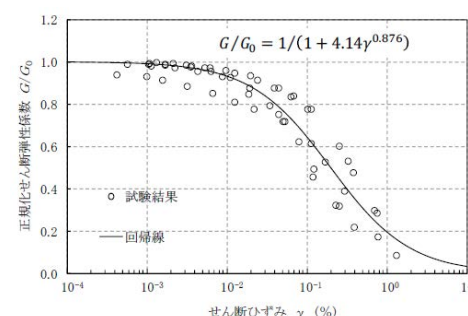


$G/G_0 - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Is-C層)

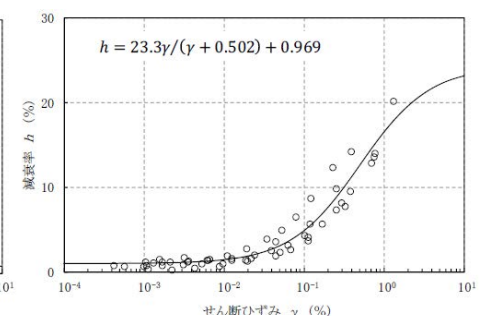


$h - \gamma$  曲線



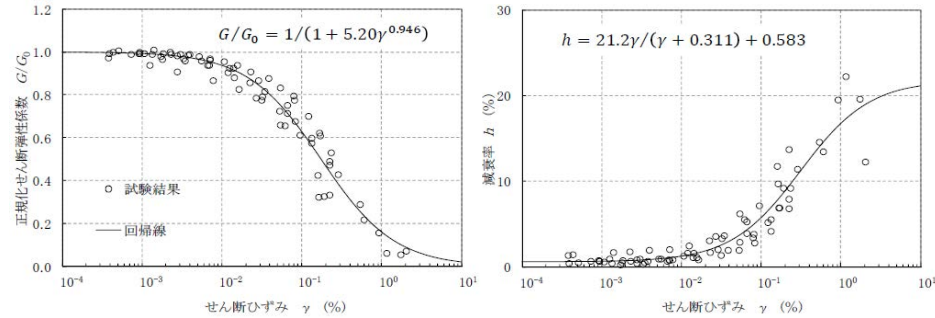
$G/G_0 - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Is-Sc層)



$h - \gamma$  曲線

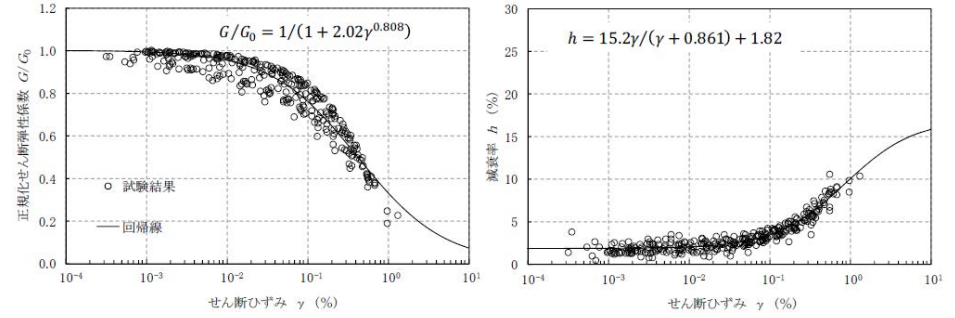
## 2. 建物基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル 動的変形試験結果(2/3)



$G/G_0 - \gamma$  曲線

$h - \gamma$  曲線

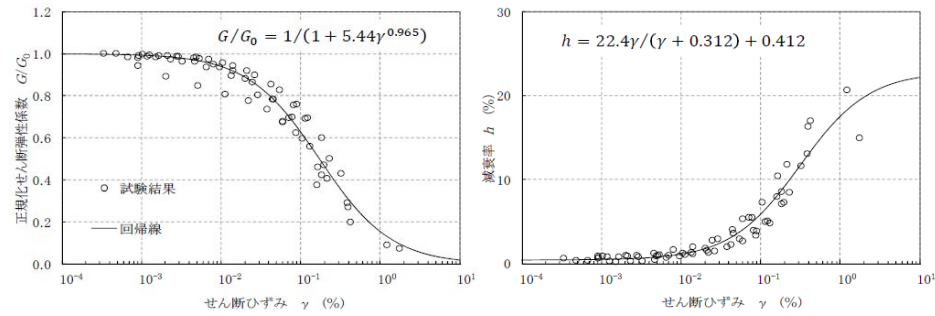
動的変形試験結果(変形特性, Is-S<sub>2</sub>L層)



$G/G_0 - \gamma$  曲線

$h - \gamma$  曲線

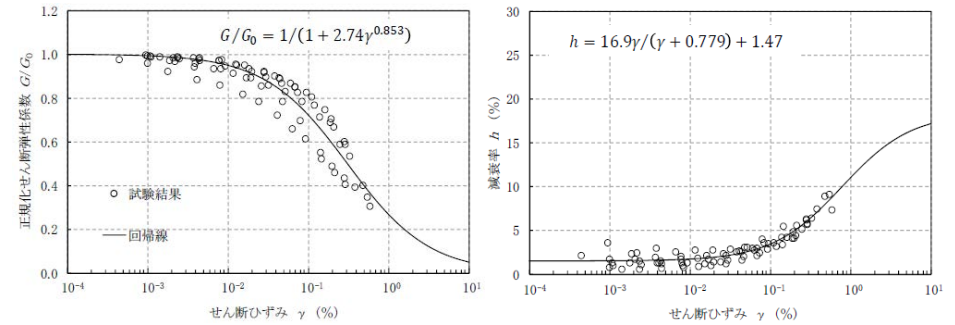
動的変形試験結果(変形特性, Km層)



$G/G_0 - \gamma$  曲線

$h - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Is-S<sub>3</sub>層)



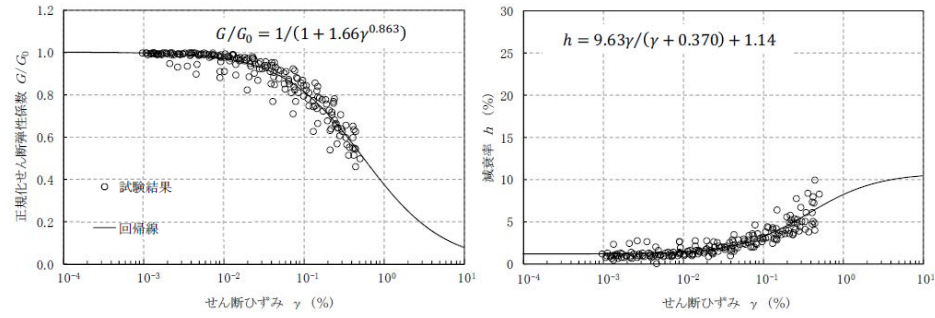
$G/G_0 - \gamma$  曲線

$h - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Ks層)



## 2. 建物基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル 動的変形試験結果(3/3)



$G/G_0 - \gamma$  曲線

$h - \gamma$  曲線

動的変形試験結果(変形特性, Tg層)

### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価

# 基準地震動S<sub>s</sub>(1/2)

■ 基準地震動S<sub>s</sub>の最大加速度の一覧を示す。

| 基準地震動 |   | 最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |      |      |
|-------|---|----------------------------|------|------|
|       |   | NS成分                       | EW成分 | UD成分 |
| Ss-D  | 応答スペクトル手法による基準地震動                           | 700                        |      | 500  |
| Ss-1  | F3断層～F4断層による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)     | 973                        | 711  | 474  |
| Ss-2  | F3断層～F4断層による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)     | 835                        | 761  | 436  |
| Ss-3  | F3断層～F4断層による地震<br>(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)     | 948                        | 850  | 543  |
| Ss-4  | F3断層～F4断層による地震<br>(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点3)      | 740                        | 630  | 405  |
| Ss-5  | 2011年東北地方太平洋沖型地震<br>(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳) | 670                        | 513  | 402  |

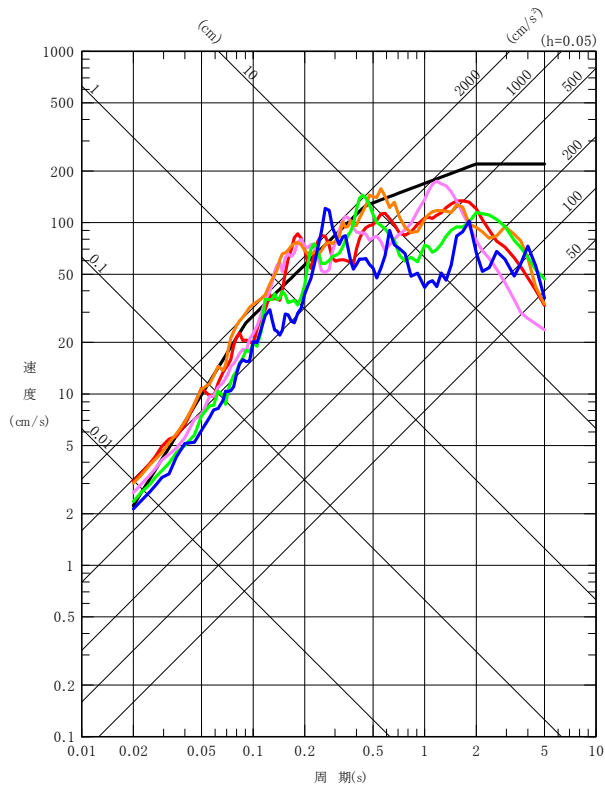
※表中のグラフは各基準地震動S<sub>s</sub>の加速度時刻歴波形(縦軸: 加速度[cm/s<sup>2</sup>], 横軸: 時間[s])



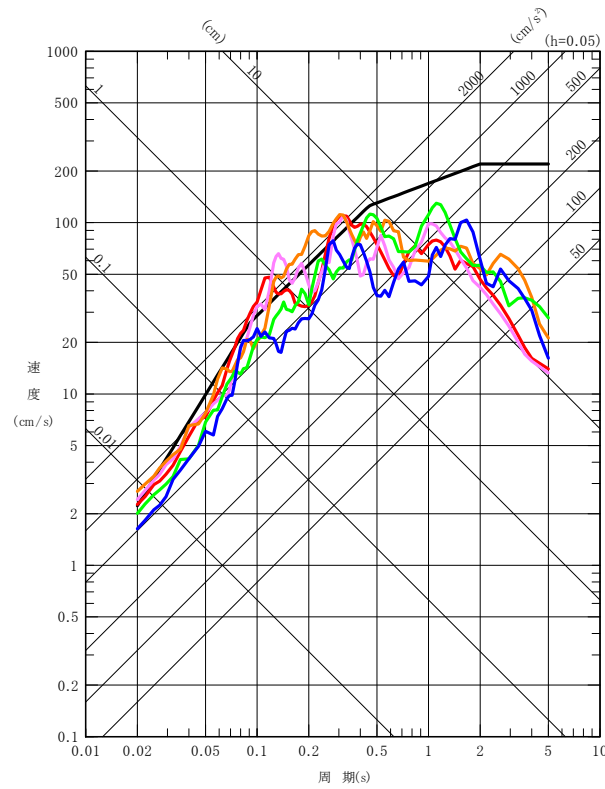
### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動S<sub>s</sub>(2/2)

#### ■ 基準地震動S<sub>s</sub>の応答スペクトル

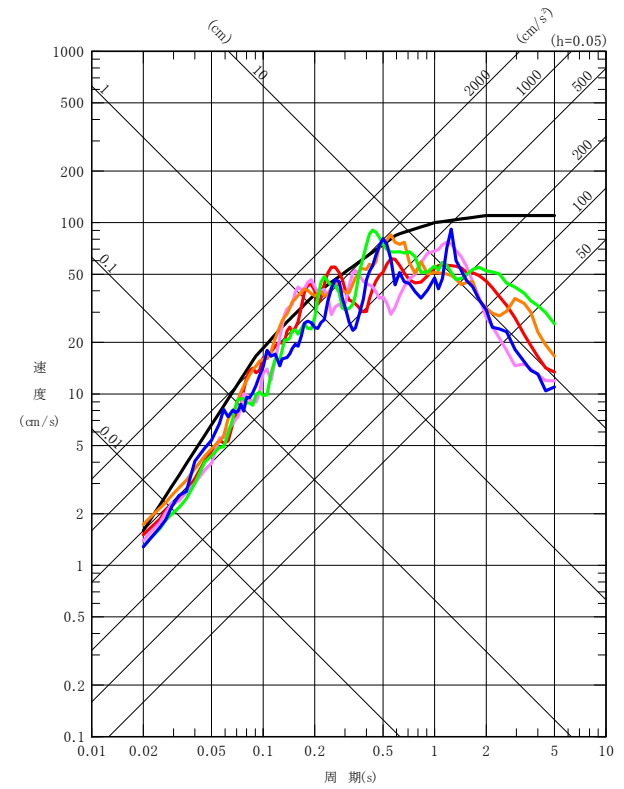
- S<sub>s</sub>-D 応答スペクトル手法による基準地震動
- S<sub>s</sub>-1 F3断層～F4断層による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- S<sub>s</sub>-2 F3断層～F4断層による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- S<sub>s</sub>-3 F3断層～F4断層による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- S<sub>s</sub>-4 F3断層～F4断層による地震(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点3)
- S<sub>s</sub>-5 2011年東北地方太平洋沖型地震(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重量)



NS成分



EW成分

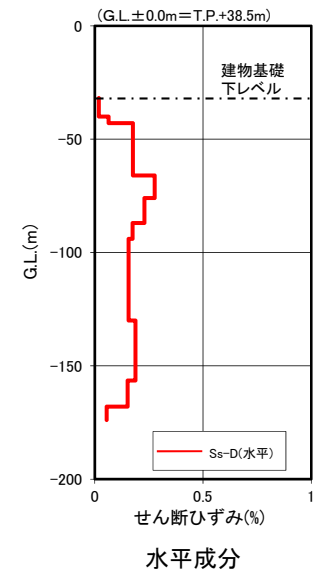
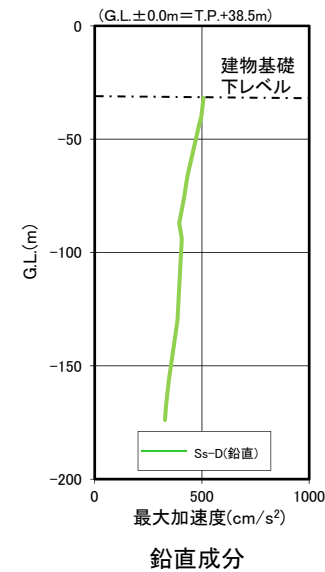
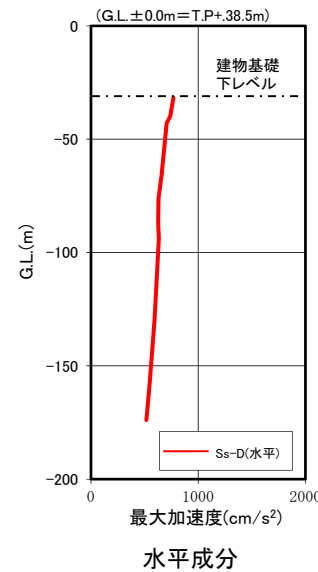
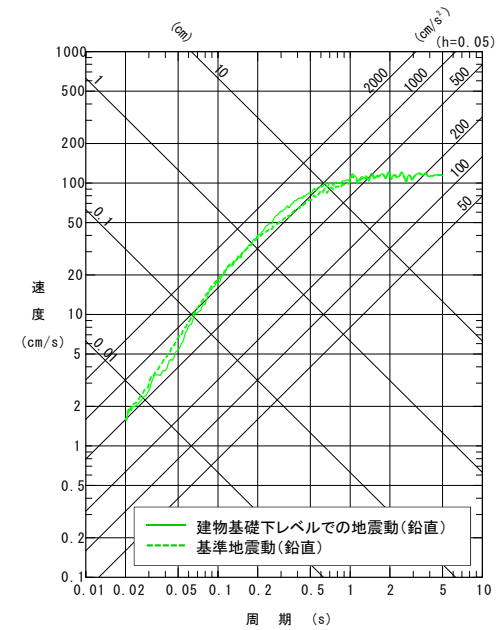
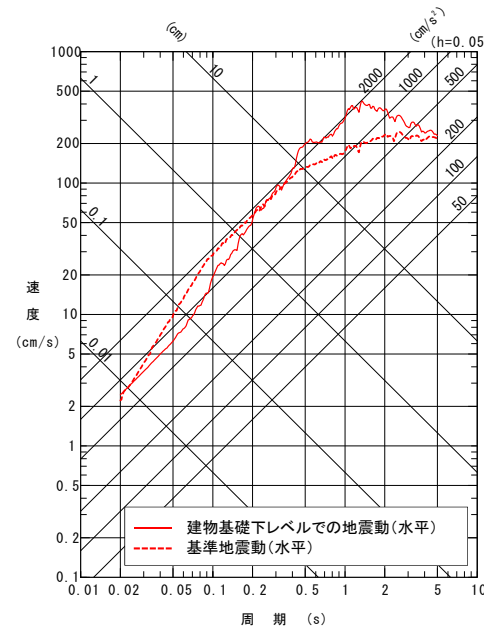
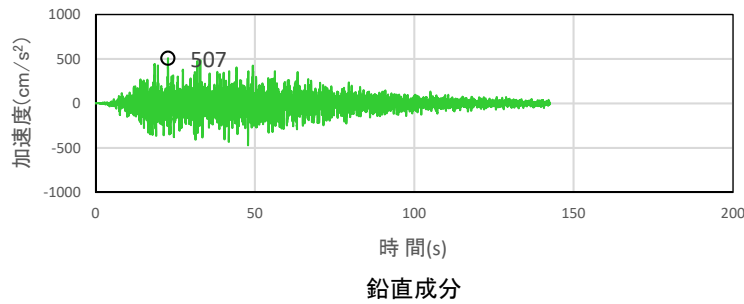
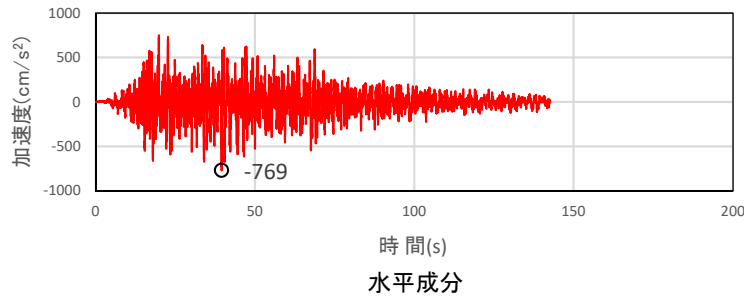


UD成分



### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動 Ss-D

建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



加速度時刻歴波形

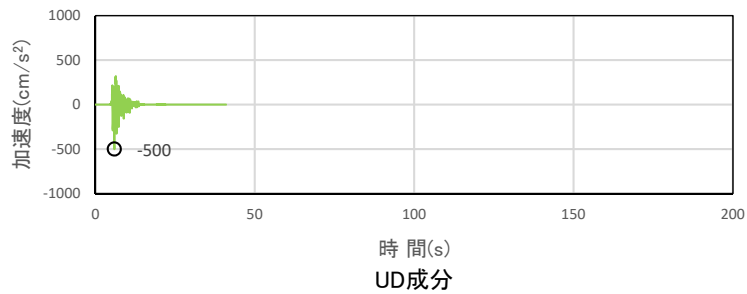
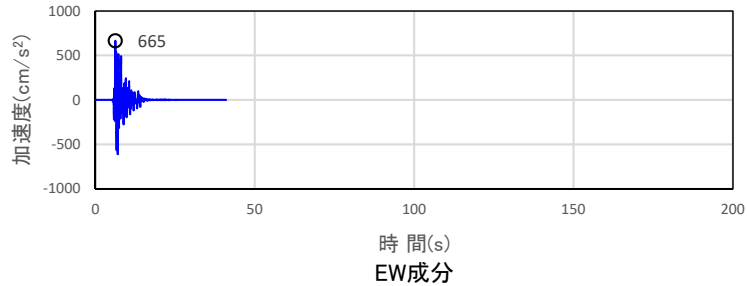
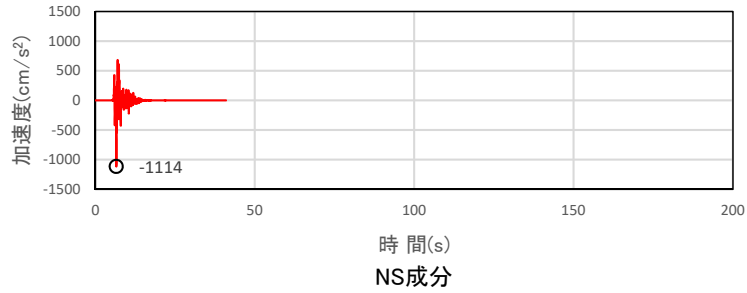
最大加速度分布

せん断ひずみ分布

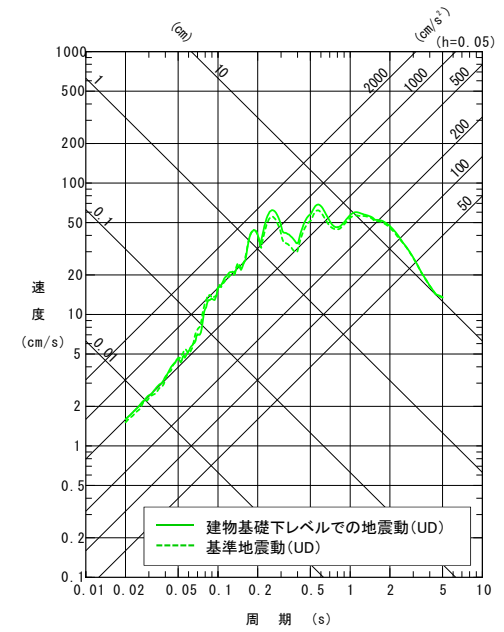
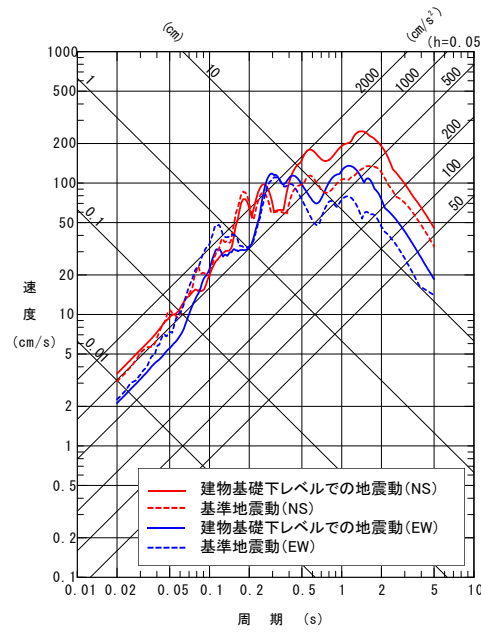


### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動 Ss-1

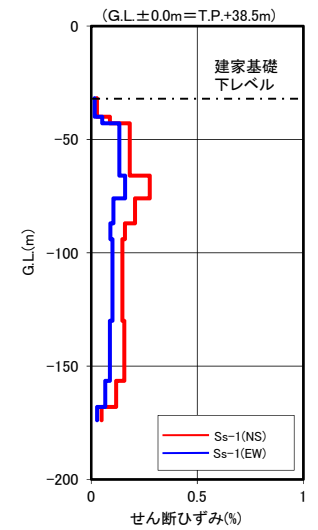
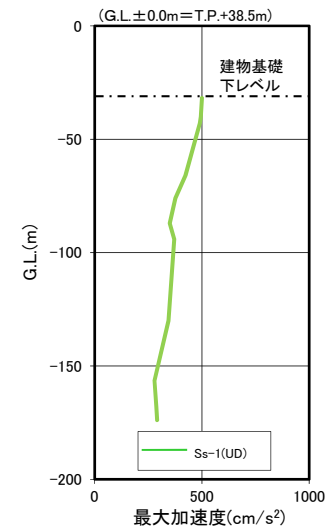
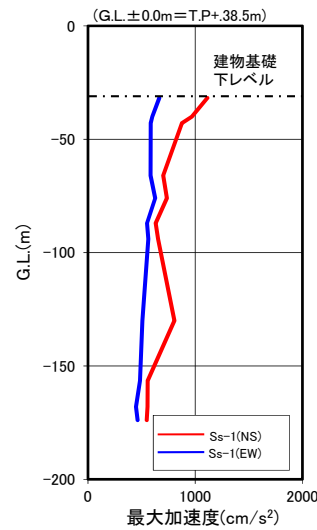
建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



最大加速度分布

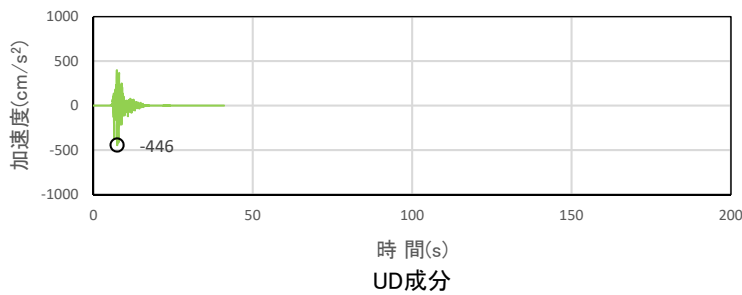
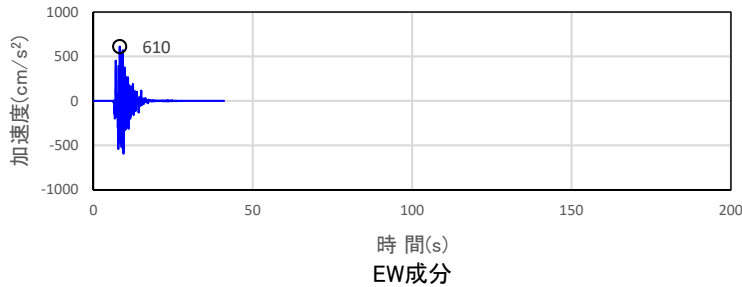
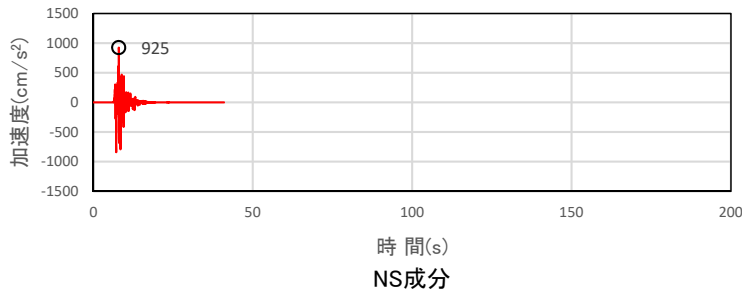
せん断ひずみ分布



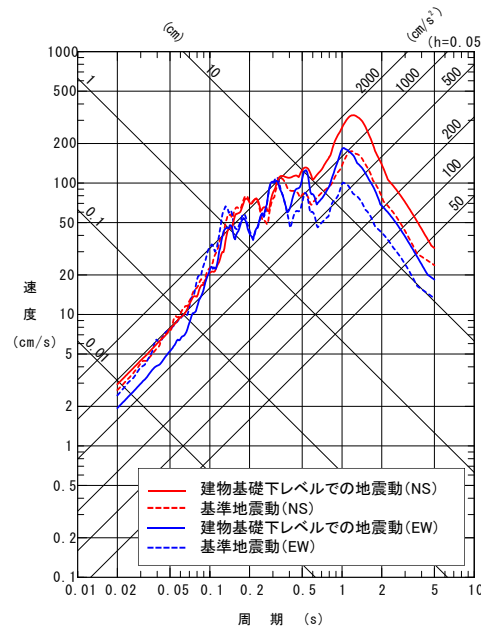
3. 建物基礎下レベルでの地震動評価

# 基準地震動 Ss-2

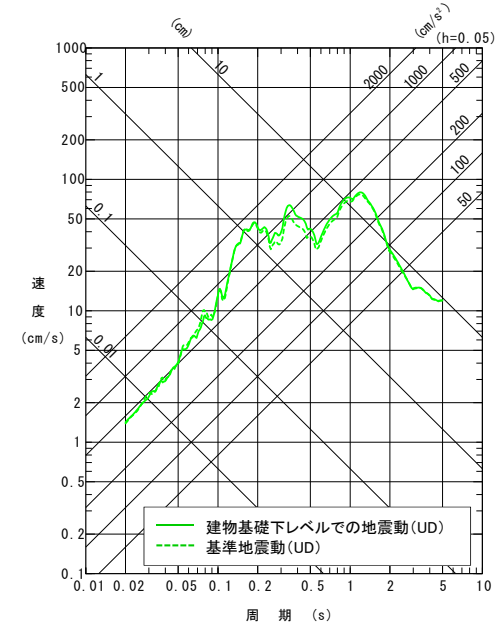
建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



加速度時刻歴波形

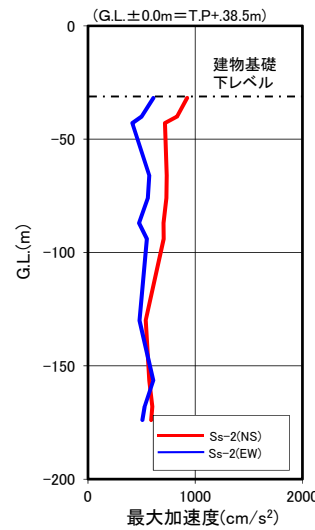


水平成分



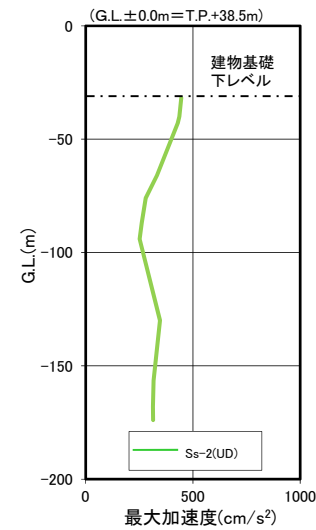
鉛直成分

擬似速度応答スペクトル

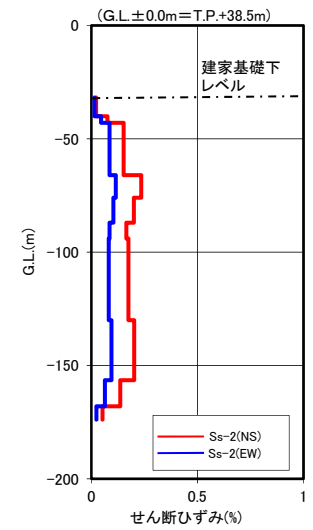


水平成分

最大加速度分布



鉛直成分



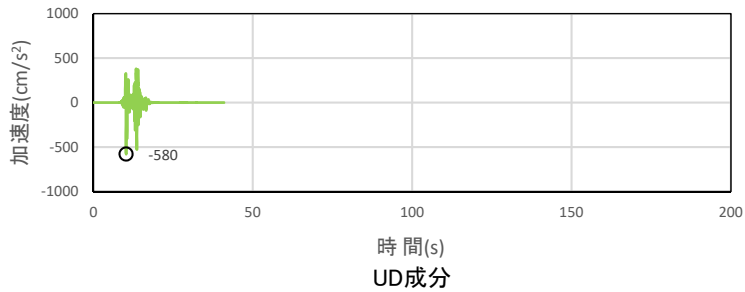
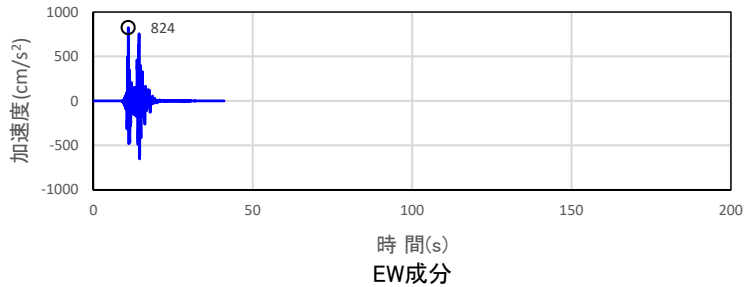
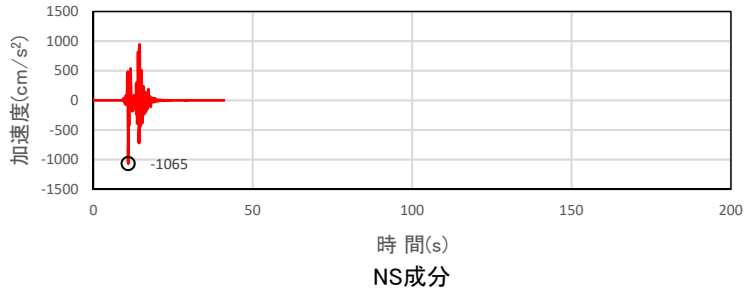
水平成分

せん断ひずみ分布

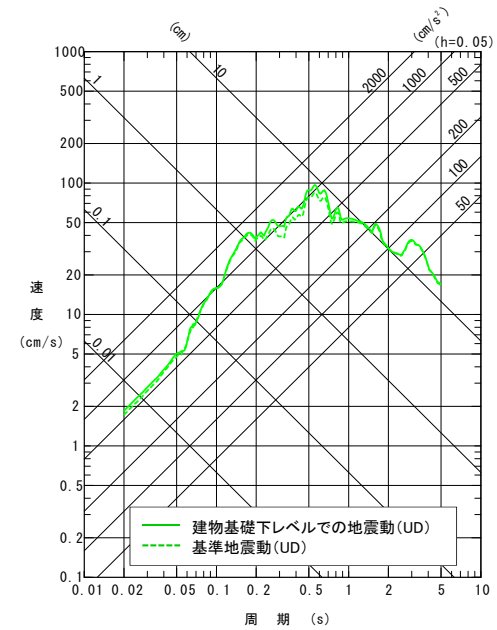
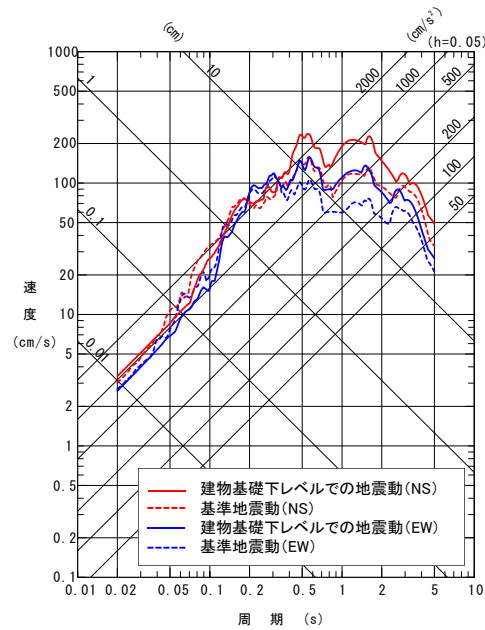


### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動 Ss-3

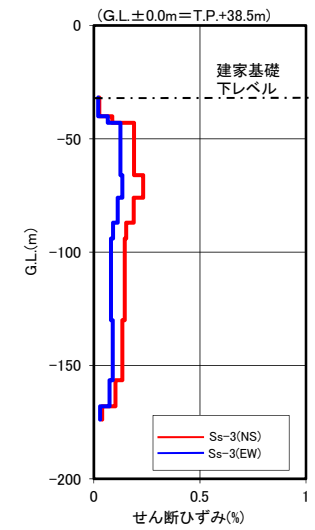
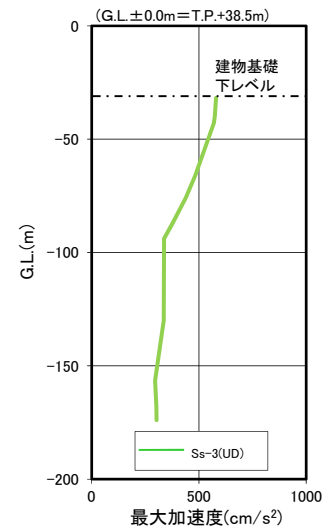
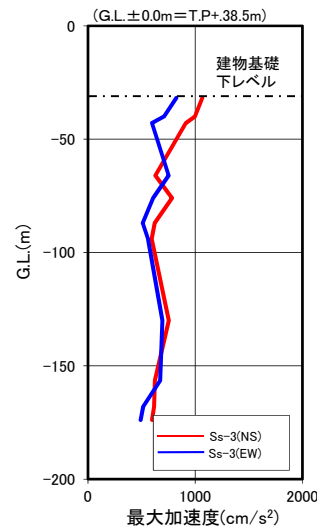
建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



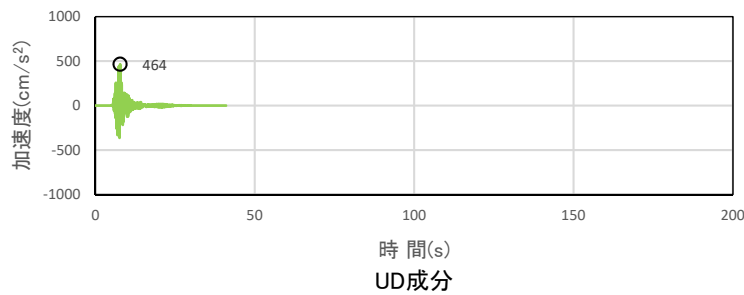
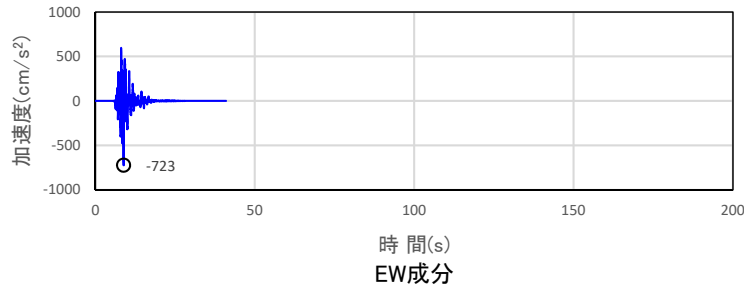
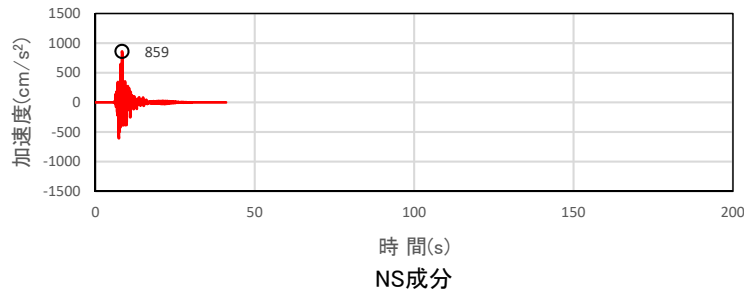
最大加速度分布

せん断ひずみ分布

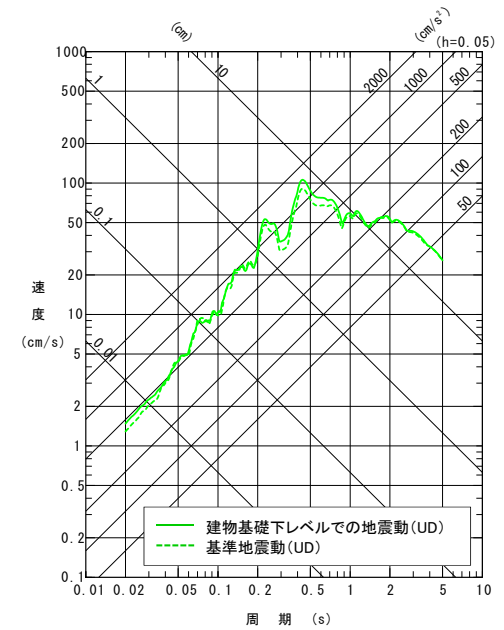
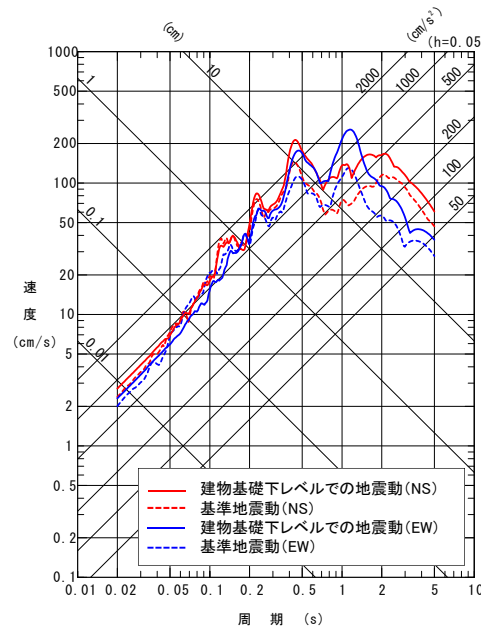


### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動 Ss-4

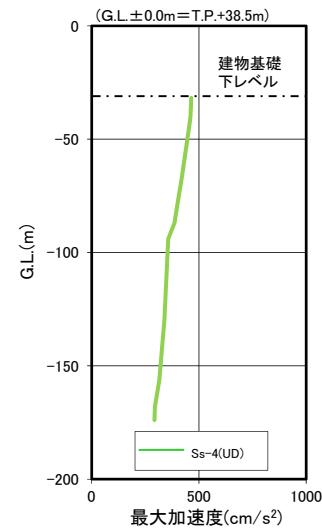
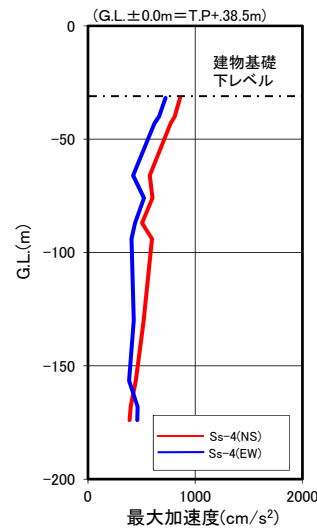
建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



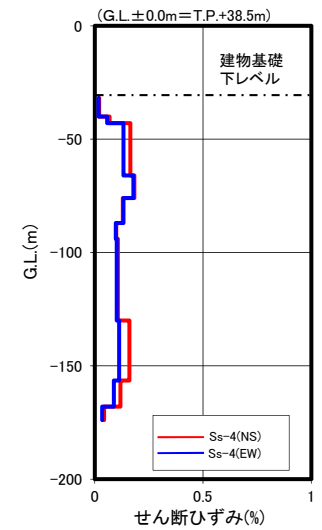
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



最大加速度分布

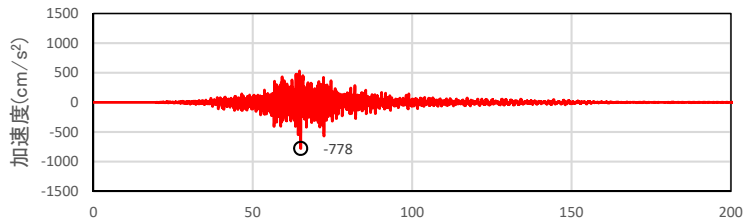


せん断ひずみ分布

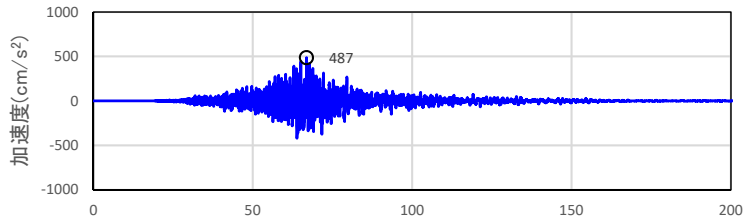


### 3. 建物基礎下レベルでの地震動評価 基準地震動 Ss-5

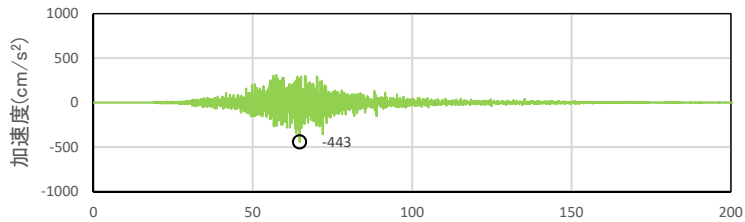
建物基礎下レベルでの地震動  
(基礎下G.L.-31.8m; 自由表面波)



時間(s)  
NS成分

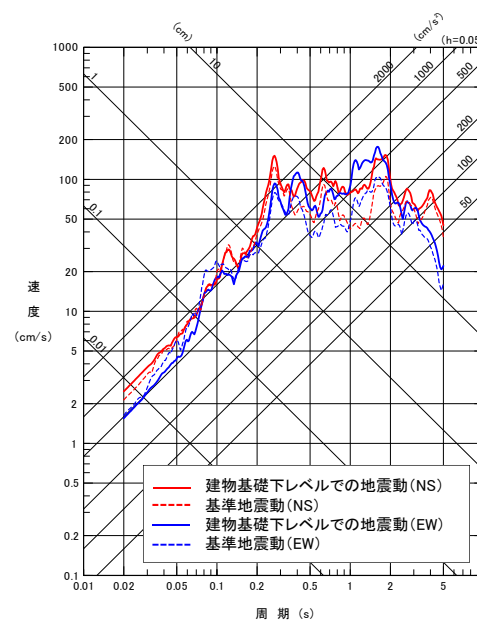


時間(s)  
EW成分

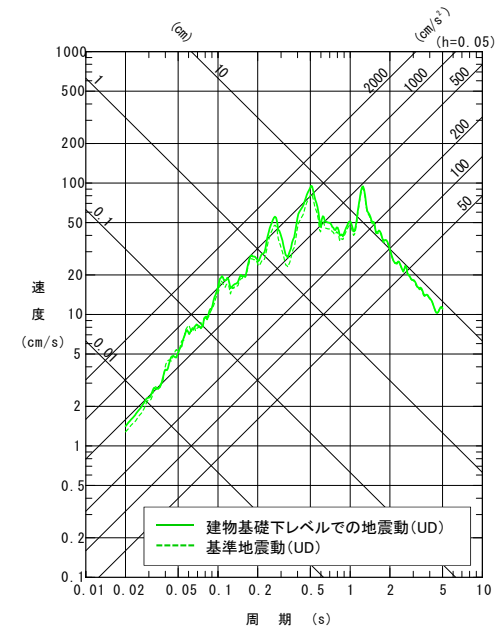


時間(s)  
UD成分

加速度時刻歴波形

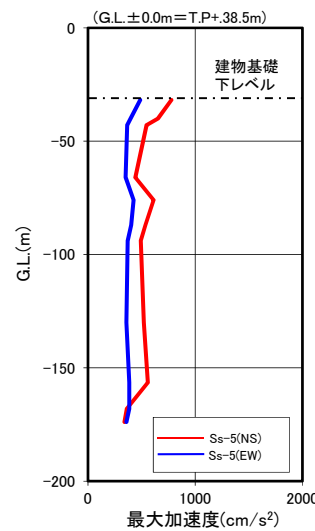


水平成分



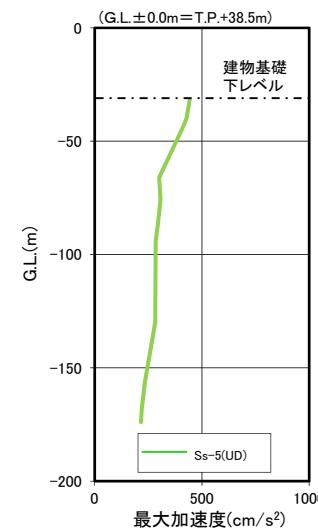
鉛直成分

擬似速度応答スペクトル

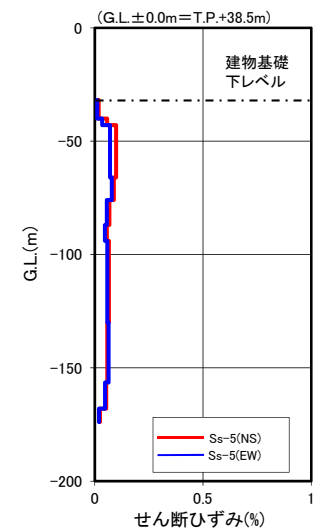


水平成分

最大加速度分布



鉛直成分



水平成分

せん断ひずみ分布

- 敷地の解放基盤表面が深いことを踏まえ、基準地震動 $S_s$ に基づく原子炉建物基礎下レベルでの地震動を等価線形解析により評価した。
- 東茨城層群(S波速度 $V_s$ が400m/s程度)は久米層に比べて剛性がやや小さいため、せん断ひずみが大きく、最大加速度分布も変動している。
- 基準地震動 $S_s$ と建物基礎下レベルでの地震動の応答スペクトルを比較すると、水平成分は短周期側で建物基礎下レベルでの地震動が同程度かやや小さくなるが、長周期側では大きくなることを確認した。一方で、鉛直成分は全周期帯で同程度となることを確認した。