

## 岩盤部分の非線形性に係る検討について

- 文章中の下線部は R1 から R2 への変更箇所を示す。
- 本資料は、地盤モデルの設定に係る因子のうち、岩盤部分の非線形性の設定に対する検討結果を示すものであり、令和 5 年 6 月 16 日に提示した「岩盤部分の非線形性に係る検討について (R1)」に対し、ヒアリングにおける指摘事項を踏まえ、記載を拡充したものである。
- 本資料の内容については、今後、補足説明資料「耐震建物 08 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」への取り込みを検討する。

## 目 次

	ページ
1. はじめに .....	1
2. 岩盤部分の非線形性の設定に係る検討 .....	2
2.1 各グループの地下構造（岩盤分類の深さ分布）の整理 .....	2
2.2 岩種ごとのひずみ依存特性 .....	2
2.3 地盤応答解析の条件 .....	9
3. 地盤応答解析結果 .....	11
3.1 中央地盤における岩盤部分の非線形性の影響 .....	11
3.2 東側地盤における岩盤部分の非線形性の影響 .....	18
3.3 西側地盤における岩盤部分の非線形性の影響 .....	25
3.4 中央地盤・東側地盤・西側地盤の比較 .....	27
4. まとめ .....	29

## 1. はじめに

本資料は、地盤モデルの設定パラメータとなる4因子のうち、岩盤部分の非線形性について、既認可時の地盤モデルを踏襲した地盤モデル（以下、「申請地盤モデル」という。）との差分を確認するために、一般的・標準的な考え方に基づく検討結果を示すものである。

検討にあたっては、「基本地盤モデルの設定について」に基づき、一般的・標準的な考え方として、地盤の三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性を設定し、ひずみ依存特性を設定した地盤の1次元波動理論に基づくSs地震時の剛性低下率を評価する。以下に検討の流れを示す。

- ・ 近接する建屋グループ（全12グループ）（以下、「12グループ」という。）それぞれの直下又は近傍における地下構造（岩盤分類の深さ分布）に応じたひずみ依存特性を考慮する。
- ・ 12グループのそれぞれについて、Ss地震時における岩盤部分の有効せん断ひずみに応じた剛性低下を考慮した入力地震動を算定する。
- ・ 本検討において着目するのは、表層地盤部分と比較して剛性が大きく、地盤のせん断ひずみが大きくなりにくい岩盤部分であることを踏まえ、線形条件を仮定した場合の入力地震動の算定結果との比較を行う。
- ・ 上記の入力地震動の比較結果に基づき、岩盤部分の非線形性が入力地震動に与える影響について確認する。具体的には、有効せん断ひずみに応じた剛性低下の程度を把握し、基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルへの影響の有無を確認する。
- ・ 加速度応答スペクトルへの影響の有無については、周期特性に顕著な乖離がないこと、建屋の1次固有周期において同程度の応答となることを確認する。

## 2. 岩盤部分の非線形性の設定に係る検討

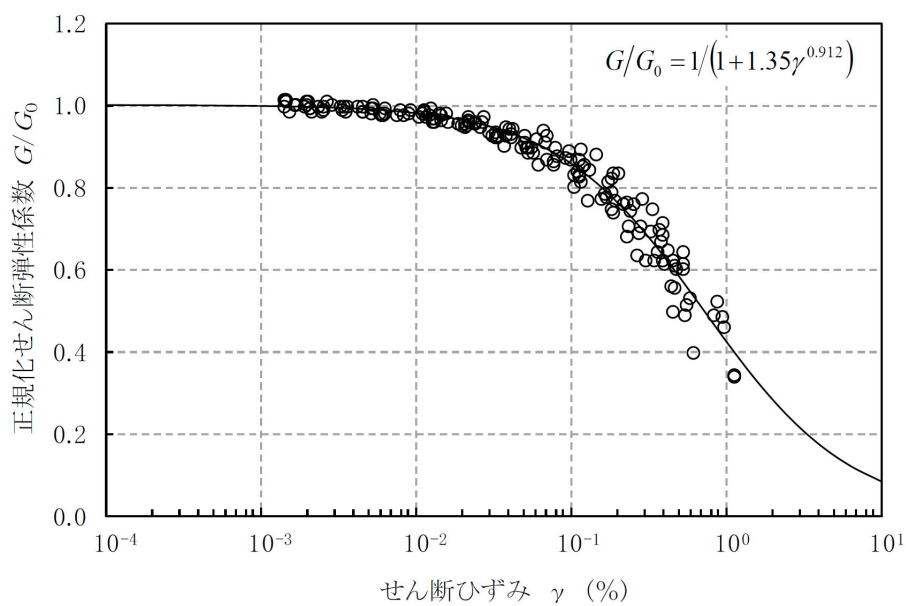
### 2.1 各グループの地下構造（岩盤分類の深さ分布）の整理

12グループごとの岩盤部分における地下構造については、資料「岩盤部分の物性値等の設定について」にて設定した、12グループそれぞれにおける直下又は近傍のPS検層結果を踏まえて設定した物性値及び岩盤分類ごとの深さ分布を用いる。

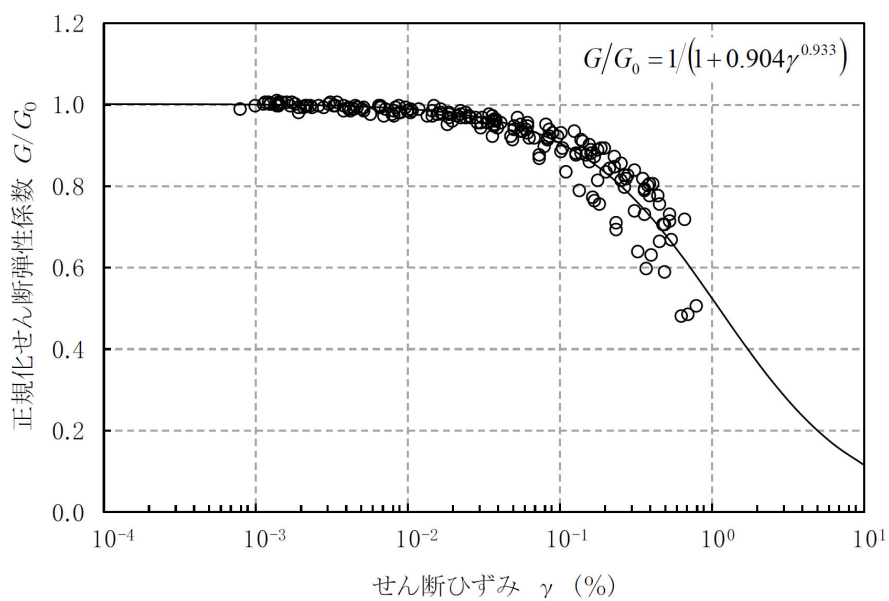
### 2.2 岩種ごとのひずみ依存特性

岩種ごとに設定するひずみ依存特性は、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」及び「II-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す、敷地内のボーリング調査における室内試験結果に基づく剛性低下率（ $G/G_0-\gamma$  曲線）とする。

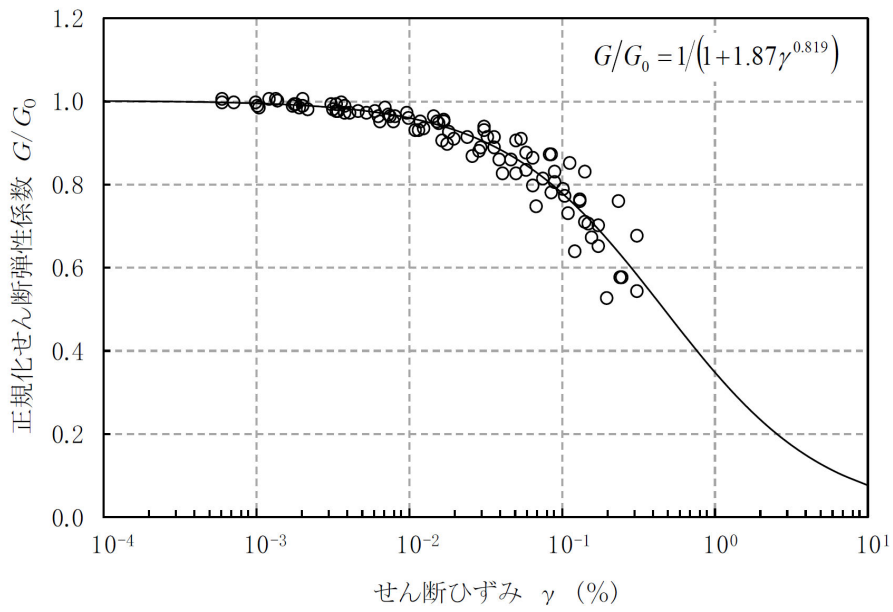
第2.2-1図～第2.2-12図に、今回の検討に用いる岩種ごとのひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$  曲線）を示す。



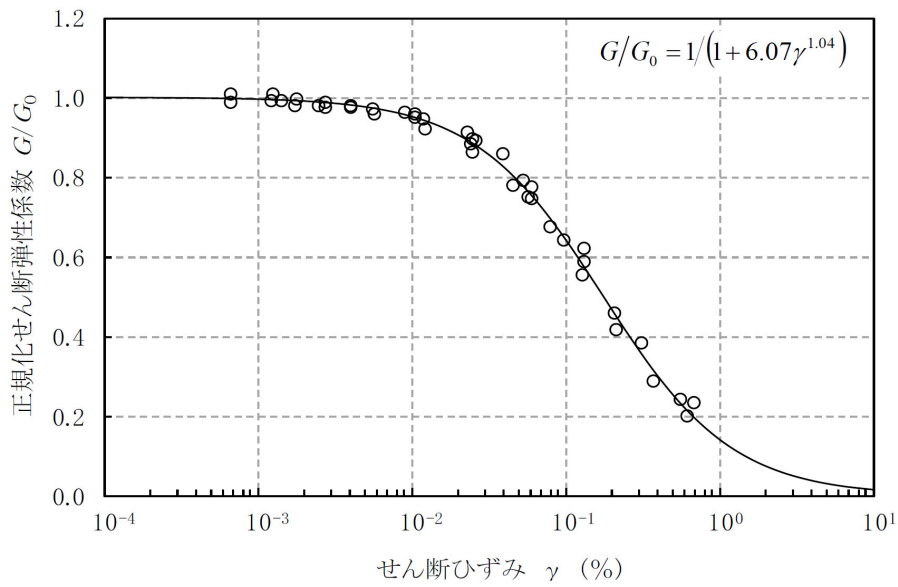
第 2.2-1 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (上部層))



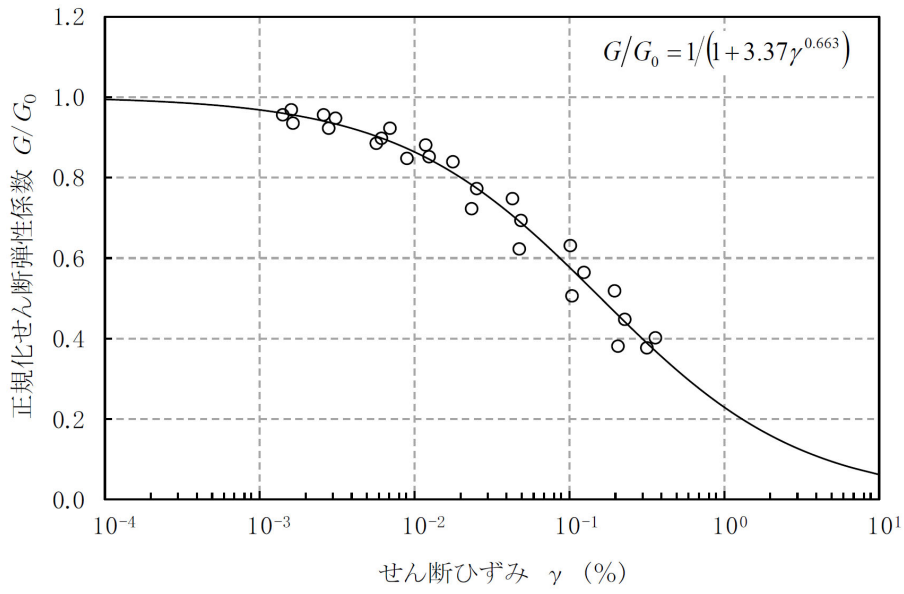
第 2.2-2 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (下部層))



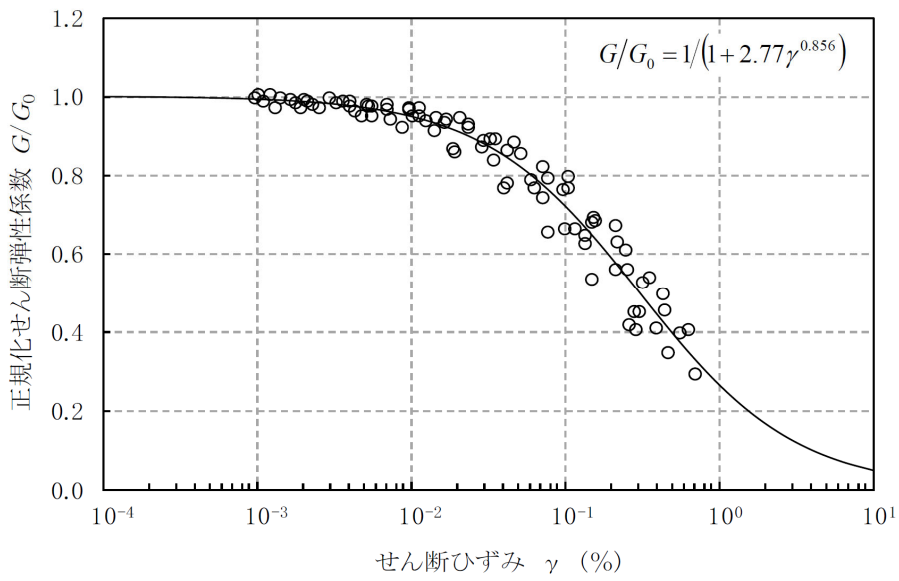
第 2.2-3 図 ひずみ依存特性（細粒砂岩）



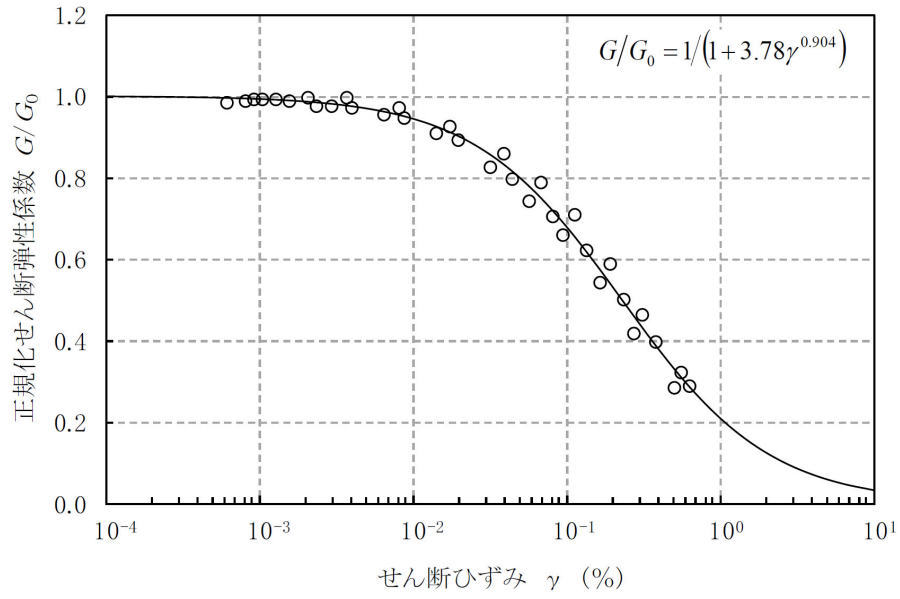
第 2.2-4 図 ひずみ依存特性（軽石質砂岩）



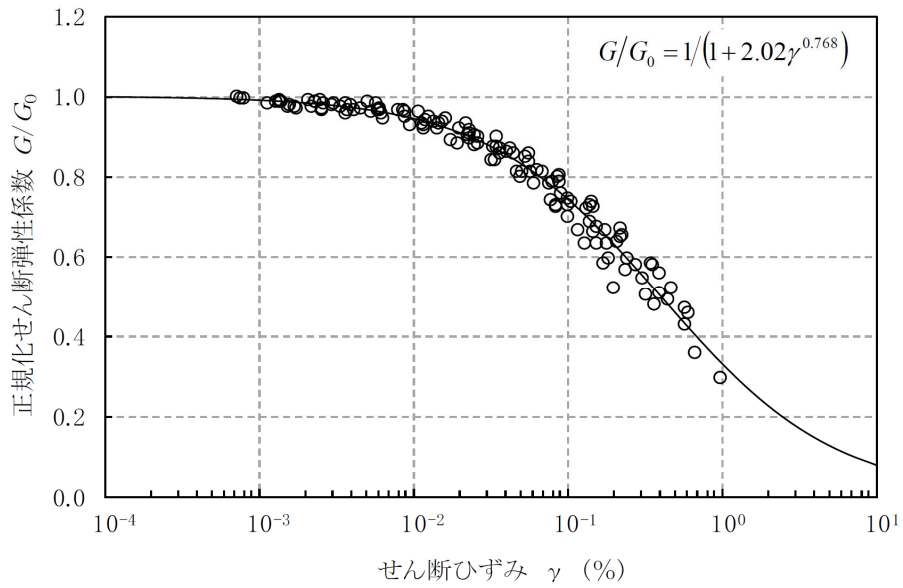
第 2.2-5 図 ひずみ依存特性 (粗粒砂岩)



第 2.2-6 図 ひずみ依存特性 (砂岩・凝灰岩互層)

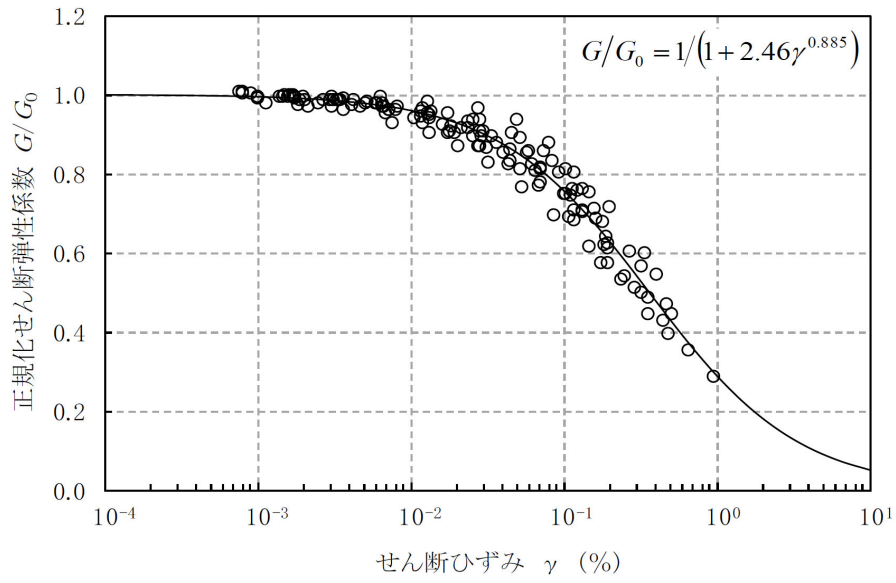


第 2.2-7 図 ひずみ依存特性（凝灰岩）

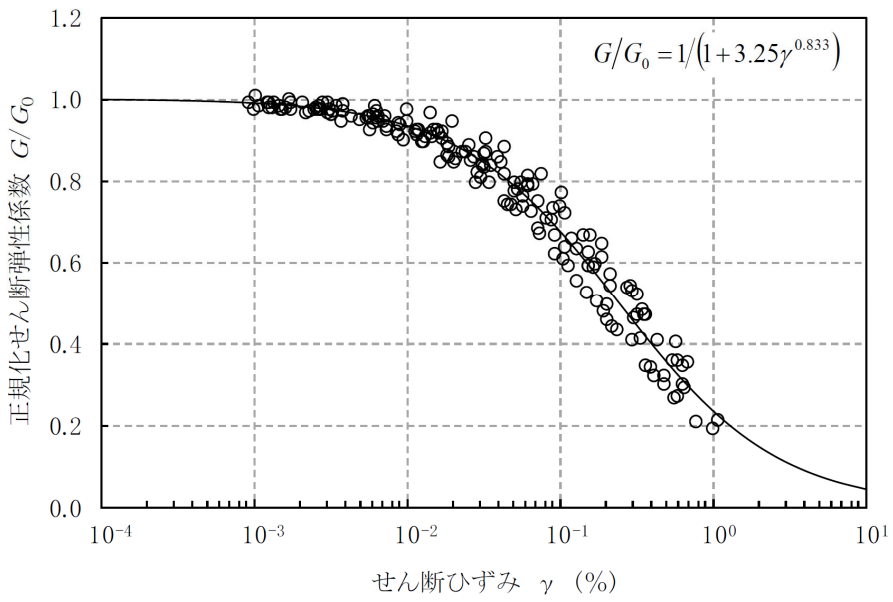


第 2.2-8 図 ひずみ依存特性（軽石凝灰岩）

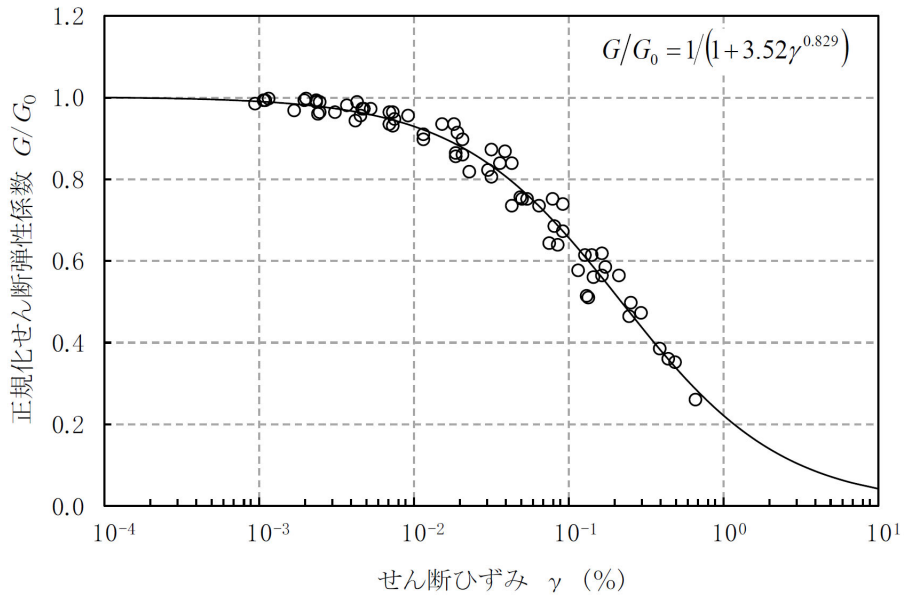




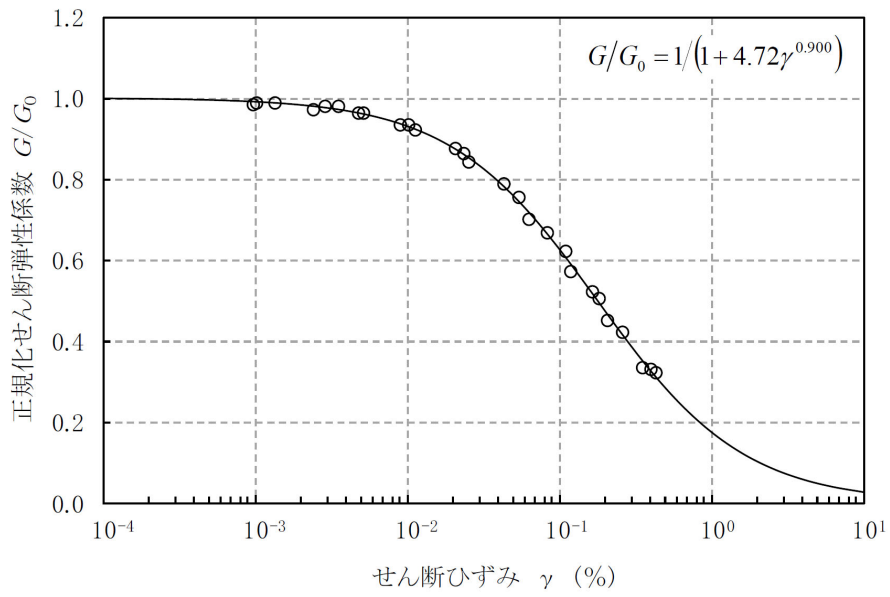
第 2.2-9 図 ひずみ依存特性 (砂質軽石凝灰岩)



第 2.2-10 図 ひずみ依存特性 (礫混り砂岩)



第 2.2-11 図 ひずみ依存特性 (軽石混り砂岩)



第 2.2-12 図 ひずみ依存特性 (礫岩)

### 2.3 地盤応答解析の条件

岩盤部分の非線形性の影響を確認するため、基準地震動  $S_s$ -A に対する地盤の等価線形解析を実施し、有効せん断ひずみ、剛性低下率  $G/G_0$  及び基礎底面レベルの加速度応答スペクトルについて確認を行った。

地盤の等価線形解析について、岩盤部分の物性値は、12 グループそれぞれにおいて設定した物性値を初期物性値として設定し、「2.2 岩種ごとのひずみ依存特性」に示すひずみ依存特性 ( $G/G_0$ - $\gamma$  曲線) を設定する。なお、基礎底面レベルから地表面レベルの表層地盤及び岩盤部分の減衰定数について、今回の検討では岩盤部分の非線形化に伴う剛性低下が入力地震動に及ぼす影響を確認することが目的であることから、以下の条件を仮定して等価線形解析を行った。

- ・表層地盤の物性値については、敷地内一律の値として、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」及び「II-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す物性値を仮定
- ・岩盤部分の減衰定数については、敷地内一律の値として 3% を仮定
- ・岩盤部分の物性値として、解放基盤表面以深の物性値については、いずれのグループにおいても敷地内の平均的な値を設定\*

また、岩盤部分の物性値は各グループ内それぞれで同一であり、基礎底面レベルの違いによる層厚の違いはあるものの、岩盤のせん断ひずみレベルについては、大きく変わらないと考えられるため、地盤の等価線形解析を実施する建屋は、12 グループそれぞれ 1 建屋を代表として解析を実施した。

その上で、上記の等価線形解析による基礎底面レベルの加速度応答スペクトルに対し、岩盤部分を線形条件とした場合の結果と比較を行うことで、 $S_s$  地震時の岩盤部分の剛性低下が入力地震動に及ぼす影響の確認を行った。

なお、上記の検討に加え、岩盤の非線形性の考慮の有無による入力地震動の算定結果への感度を確認する観点で実施した、岩盤に 10% の剛性低下を与えた条件での確認結果も参考値として示す。

注記 \* : 今回検討においては、解放基盤表面 (T.M.S.L. -70m) ~ 基礎底面レベルまでの岩盤部分における非線形化の影響を確認することが目的であり、上記 3 つの解析 (等価線形解析, 線形解析, 感度

確認用の解析)における解放基盤表面以深の物性値はいずれも同じ値として評価を行っているため、岩盤部分の非線形性の影響を解析条件ごとの相対的な比較を行ううえでは問題ないと判断した。

また、ひずみ依存特性 ( $h - \gamma$  曲線) に基づく Ss 地震時の岩盤部分のせん断ひずみに対応した減衰定数については、地盤のせん断ひずみが大きくなるほど減衰定数も大きくなる設定であることから、線形条件と比較して大きくなることが考えられる。

本資料で求めた地盤のせん断ひずみに対応する減衰定数に対する考察については、「岩盤部分の減衰定数に係る検討について」において説明する。

### 3. 地盤応答解析結果

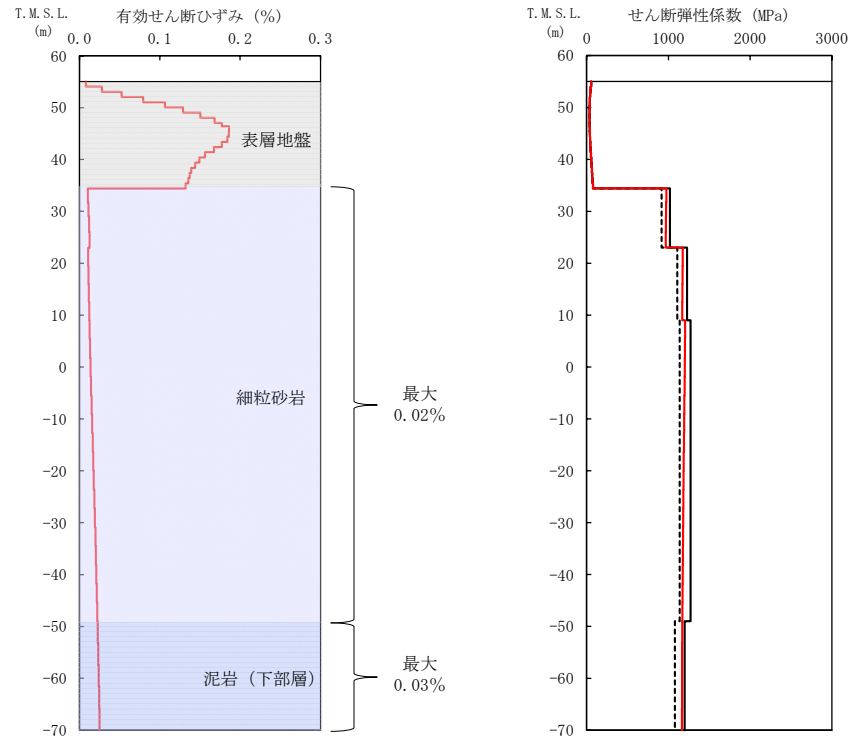
#### 3.1 中央地盤における岩盤部分の非線形性の影響

中央地盤における各グループの等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 3.1-1 図～第 3.1-6 図に示す。

地盤の等価線形解析の結果、各岩種の有効せん断ひずみ及び剛性低下率  $G/G_0$  は以下のとおりとなっていることを確認した。なお、以下に記載する最大有効せん断ひずみの値については、中央地盤の全 6 グループの中で最大の値を、剛性低下率  $G/G_0$  については、中央地盤の全 6 グループの中で最小の値を記載している。

- ・細粒砂岩：最大有効せん断ひずみ 0.03%，剛性低下率  $G/G_0$  0.911
- ・泥岩(下部層)：最大有効せん断ひずみ 0.03%，剛性低下率  $G/G_0$  0.969
- ・粗粒砂岩：最大有効せん断ひずみ 0.01%，剛性低下率  $G/G_0$  0.827

基礎底面レベルの加速度応答スペクトルの比較結果から、線形条件と等価線形解析の結果については、周期特性に顕著な乖離がないこと、また、建屋の 1 次固有周期において同程度の応答となることから、中央地盤の各グループにおいて、0.01%～0.03%程度の有効せん断ひずみに対する剛性低下の影響は十分に小さいことを確認した。



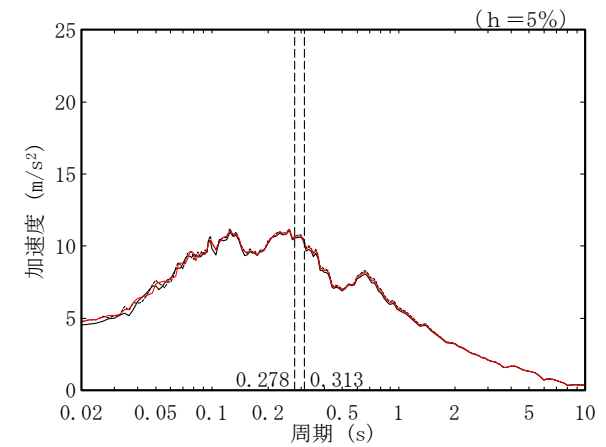
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

- (凡例) — 初期物性値  
 — 等価線形解析による収束物性値  
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽AB基礎底面						
34.39	細粒砂岩	18.2	1020	971	0.952	0.03
23.00		18.4	1230	1172	0.953	0.03
9.00		18.0	1270	1188	0.935	0.03
-49.00	泥岩(下部層)	17.5	1200	1167	0.973	0.03
▽解放基礎表面	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

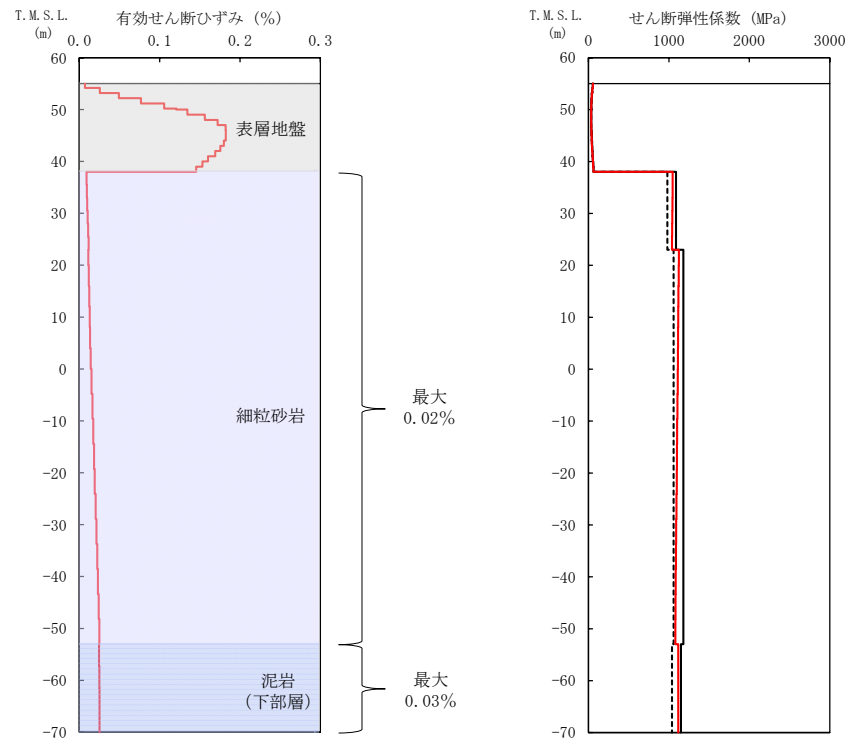
(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

第 3.1-1 図 地盤の等価線形解析結果 (AA 周辺, AB)



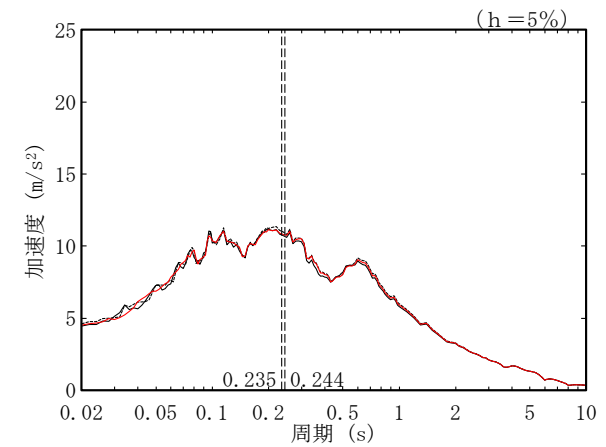
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

- (凡例) — 初期物性値  
 — 等価線形解析による収束物性値  
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽FA基礎底面						
38.00	細粒砂岩	18.5	1090	1044	0.958	0.03
23.00		18.0	1180	1102	0.934	0.03
-53.00	泥岩(下部層)	17.3	1150	1117	0.971	0.03
▽解放基礎表面		-70.00	—	1164	1164	1.000

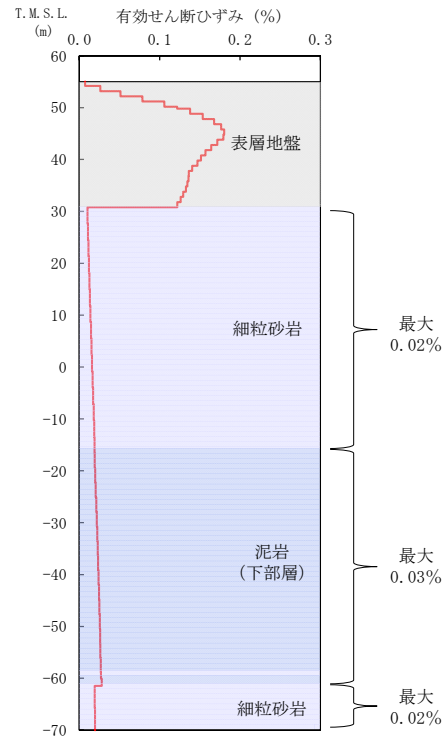
(c) 収束物性値



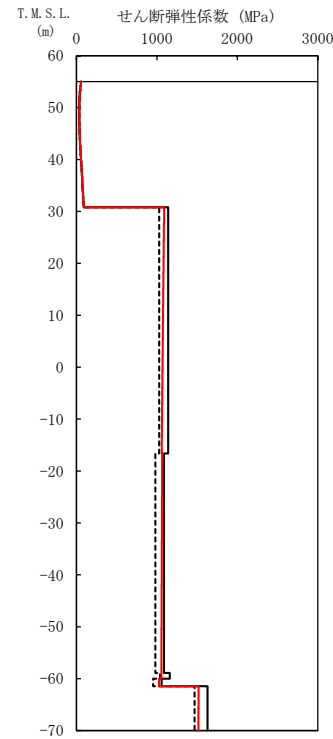
(d) 加速度応答スペクトル

\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

第 3.1-2 図 地盤の等価線形解析結果 (F 施設周辺, FA)



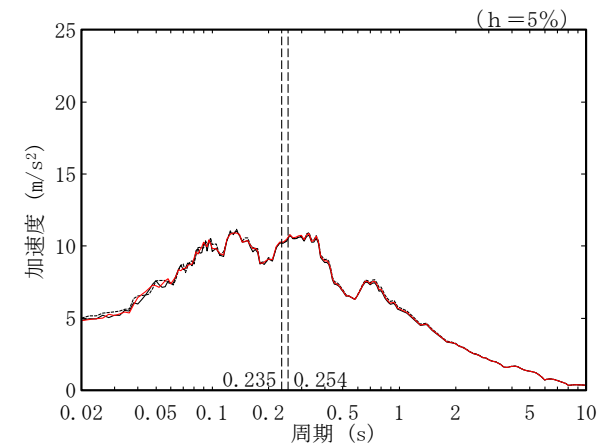
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽AE基礎底面						
30.80	細粒砂岩	17.9	1140	1076	0.944	0.03
-16.63	泥岩(下部層)	17.2	1090	1061	0.973	0.03
-58.90	細粒砂岩	18.2	1160	1057	0.911	0.03
-60.02	泥岩(下部層)	16.7	1060	1027	0.969	0.03
-61.46	細粒砂岩	18.4	1630	1517	0.931	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	—	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値



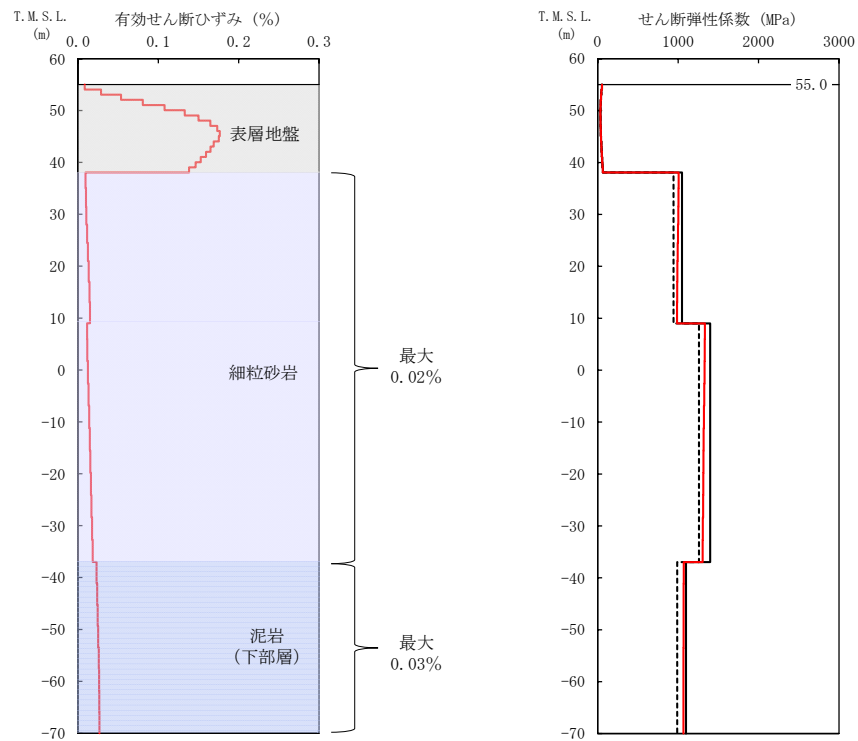
\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

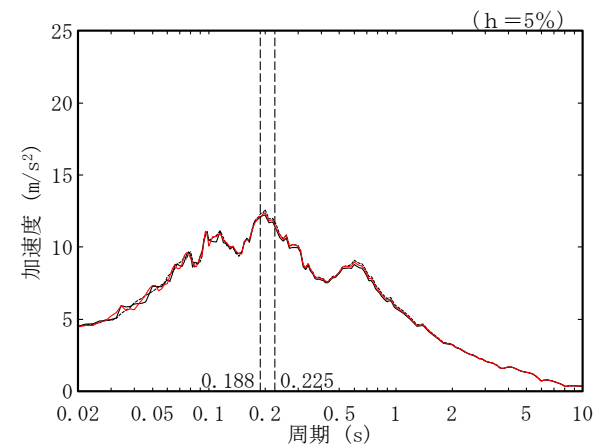
第 3.1-3 図 地盤の等価線形解析結果 (AE)





T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽AG基礎底面						
38.05		18.3	1050	997	0.950	0.03
9.00	細粒砂岩	18.1	1400	1319	0.942	0.03
-37.00	泥岩(下部層)	16.9	1100	1068	0.971	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

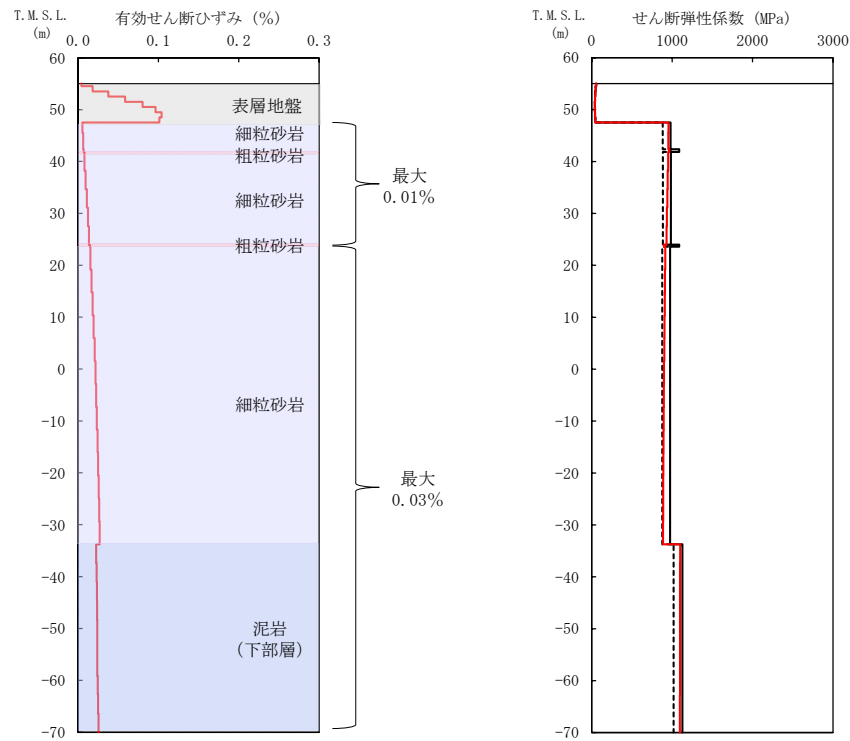
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

(d) 加速度応答スペクトル

- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.1-4 図 地盤の等価線形解析結果 (AG)



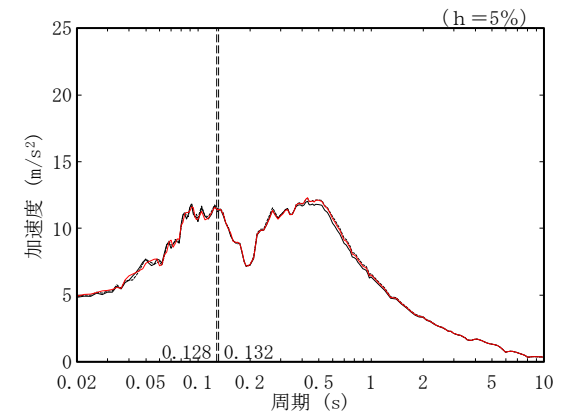
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽GA基礎底面						
47.50	細粒砂岩	18.1	982	955	0.973	0.03
42.34	粗粒砂岩	20.1	1090	967	0.887	0.03
41.81	細粒砂岩	18.1	986	942	0.955	0.03
23.96	粗粒砂岩	20.1	1090	901	0.827	0.03
23.58	細粒砂岩	18.0	975	900	0.923	0.03
▽解放基盤表面	泥岩 (下部層)	17.4	1130	1099	0.973	0.03
-70.00	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

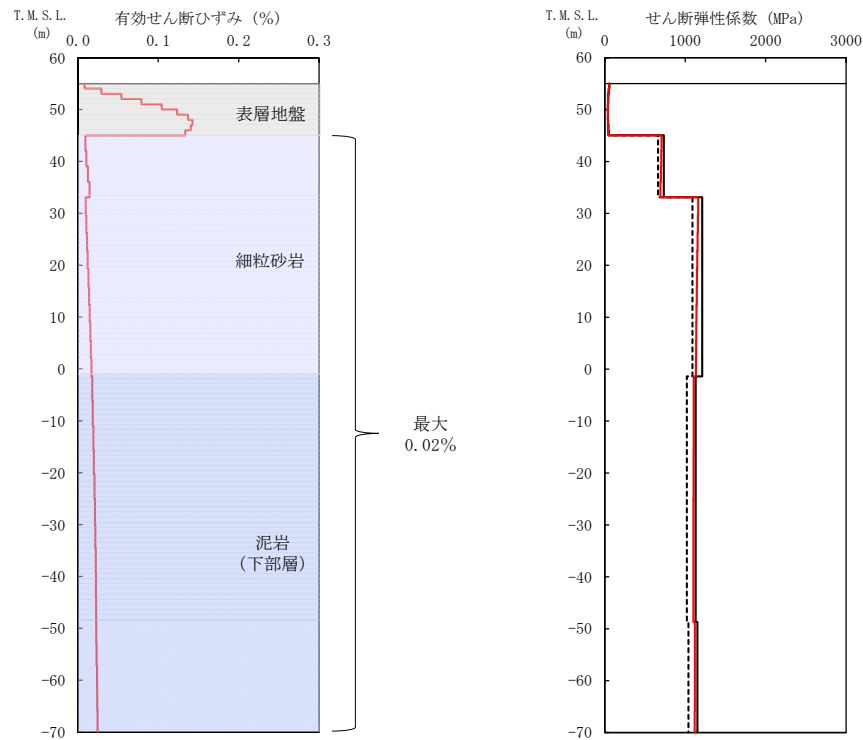
(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

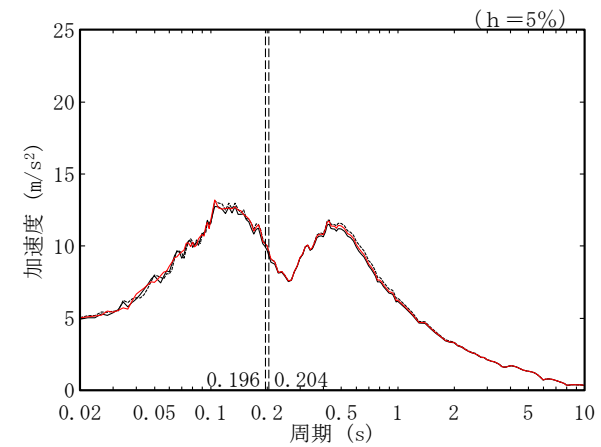
(d) 加速度応答スペクトル

第 3.1-5 図 地盤の等価線形解析結果 (GA)



T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽DC基礎底面						
45.03						
33.09	細粒砂岩	18.1	734	699	0.952	0.03
-1.41		18.0	1210	1146	0.947	0.03
-48.71	泥岩(下部層)	16.9	1130	1103	0.976	0.03
▽解放基礎表面		17.3	1150	1119	0.973	0.03
-70.00	—	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

(d) 加速度応答スペクトル

- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.1-6 図 地盤の等価線形解析結果 (DC)

### 3.2 東側地盤における岩盤部分の非線形性の影響

東側地盤における等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 3.2-1 図～第 3.2-5 図に示す。

地盤の等価線形解析の結果、AC, CA, CB 及び AZ 周辺の各岩種の有効せん断ひずみ及び剛性低下率  $G/G_0$  は以下のとおりとなっていることを確認した。なお、以下に記載する最大有効せん断ひずみの値については、上記 4 グループの中で最大の値を、剛性低下率  $G/G_0$  については、上記 4 グループの中で最小の値 を記載している。

- ・砂質軽石凝灰岩：最大有効せん断ひずみ 0.03%，剛性低下率  $G/G_0$  0.910
- ・凝灰岩：最大有効せん断ひずみ 0.04%，剛性低下率  $G/G_0$  0.851
- ・軽石凝灰岩：最大有効せん断ひずみ 0.04%，剛性低下率  $G/G_0$  0.864
- ・軽石質砂岩：最大有効せん断ひずみ 0.02%，剛性低下率  $G/G_0$  0.911
- ・軽石混り砂岩：最大有効せん断ひずみ 0.01%，剛性低下率  $G/G_0$  0.916
- ・礫岩：最大有効せん断ひずみ 0.02%，剛性低下率  $G/G_0$  0.893
- ・細粒砂岩：最大有効せん断ひずみ 0.02%，剛性低下率  $G/G_0$  0.923

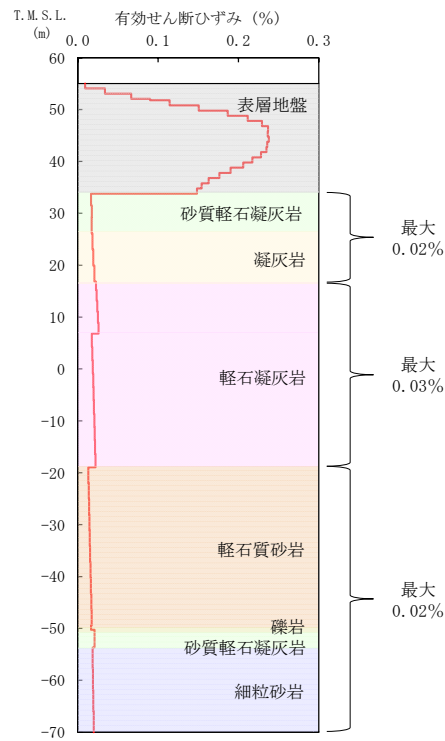
また、G14 の各岩種の有効せん断ひずみ及び剛性低下率  $G/G_0$  は以下のとおりとなっていることを確認した。なお、以下に記載する最大有効せん断ひずみの値については、最大の値を、剛性低下率  $G/G_0$  については、最小の値 を記載している。

- ・砂質軽石凝灰岩：有効せん断ひずみ 0.05%，剛性低下率  $G/G_0$  0.876
- ・凝灰岩：有効せん断ひずみ 0.03%，剛性低下率  $G/G_0$  0.849
- ・軽石凝灰岩：有効せん断ひずみ 0.08%，剛性低下率  $G/G_0$  0.779
- ・軽石混り砂岩：有効せん断ひずみ 0.05%，剛性低下率  $G/G_0$  0.774

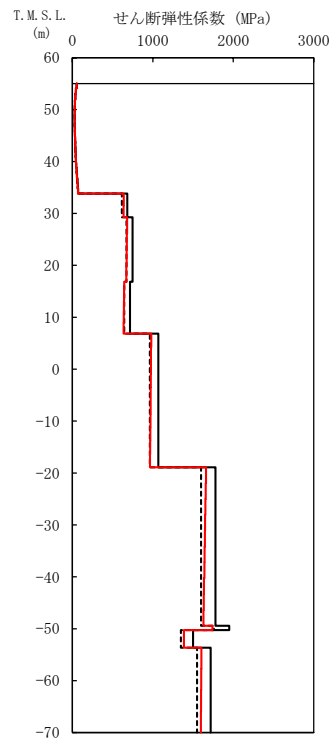
G14 については、AC, CA, CB 及び AZ 周辺と比べ、軽石凝灰岩の有効せん断ひずみが大きい傾向となっている。これは、その他グループにおける同程度の深さの軽石凝灰岩 ( $G_0$ =約 1100MPa) と比較して、G14 では初期せん断弾性係数が小さくなっている ( $G_0$ =約 450MPa) ことに起因しており、地震時の地盤のせん断ひずみが卓越しやすい物性値となっているためである。

基礎底面レベルの加速度応答スペクトルの比較結果から、線形条件と等価線形解析の結果については、AC, CA, CB, AZ 周辺及び G14 のいずれにお

いても周期特性に顕著な乖離はみられない。また、建屋の1次固有周期において、AC, CA, CBについては同程度の応答となっていることから、0.01%～0.08%程度の有効せん断ひずみに対する剛性低下の影響は十分に小さいことを確認した。なお、建屋の1次固有周期において、AZ周辺及びG14では、応答に若干の差がみられることから、その他のパラメータの設定結果も踏まえて設定した基本地盤モデルと申請地盤モデルの比較において、この応答の差についての考察をあわせて行うこととする。



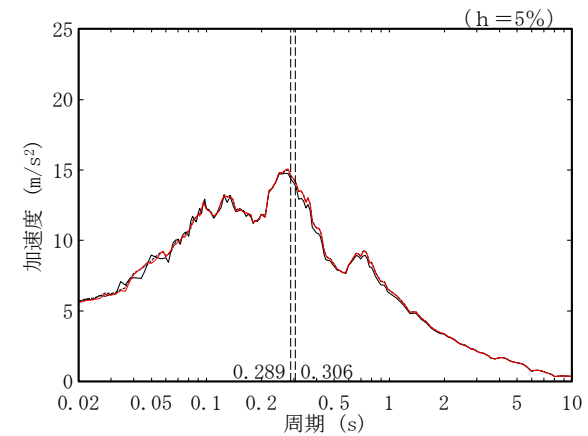
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単体体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽AC基礎底面						
33.80	砂質軽石凝灰岩	14.5	684	640	0.936	0.03
29.24	凝灰岩	15.9	749	677	0.904	0.03
16.82	軽石凝灰岩	15.2	717	641	0.894	0.03
6.82		15.3	1070	973	0.909	0.03
-18.93	軽石質砂岩	18.9	1780	1646	0.925	0.03
-49.43	礫岩	20.8	1950	1742	0.893	0.03
-50.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1500	1388	0.925	0.03
-53.68	細粒砂岩	18.3	1720	1601	0.931	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

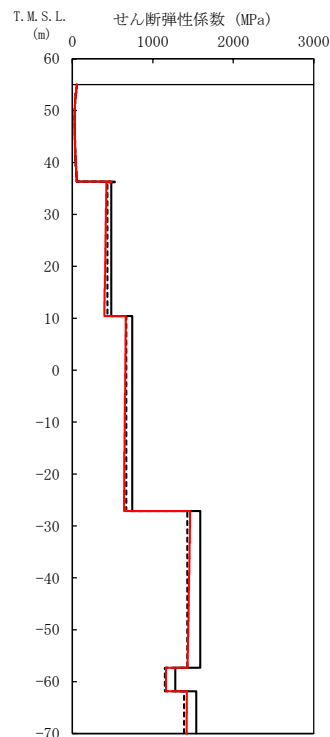
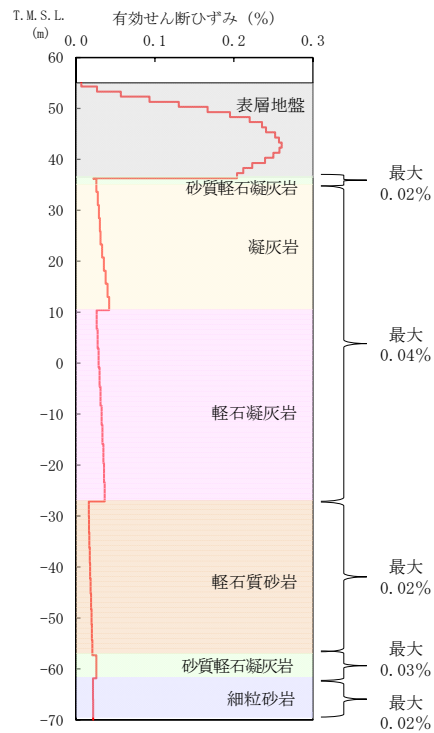


\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

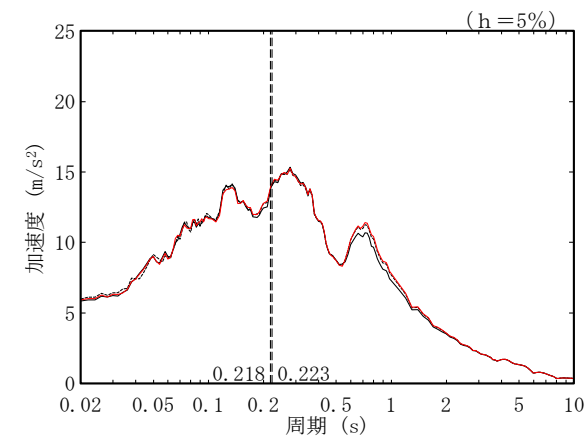
- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.2-1 図 地盤の等価線形解析結果 (AC)



T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^4 \text{kN/m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽CA基礎底面						
36.30	砂質軽石凝灰岩	17.2	529	486	0.919	0.03
36.19	凝灰岩	15.7	484	412	0.851	0.03
10.42	軽石凝灰岩	14.5	746	653	0.875	0.03
-27.16	軽石質砂岩	18.8	1590	1449	0.911	0.03
-57.33	砂質軽石凝灰岩	15.2	1280	1165	0.910	0.03
-61.86	細粒砂岩	18.2	1540	1422	0.923	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

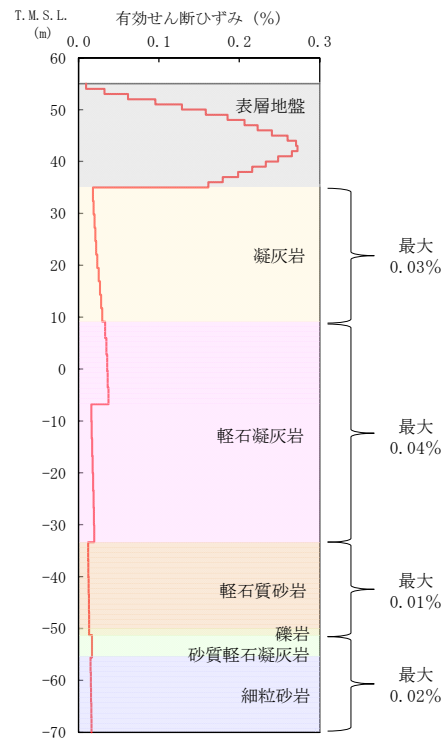
(d) 加速度応答スペクトル

(a) 有効せん断ひずみ

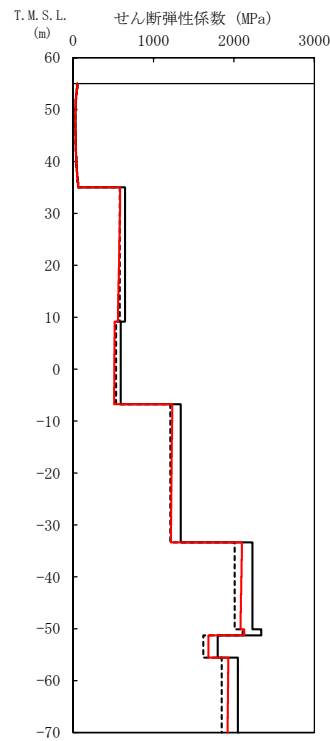
(b) 収束剛性分布

- (凡例) — 初期物性値  
 — 等価線形解析による収束物性値  
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.2-2 図 地盤の等価線形解析結果 (CA)



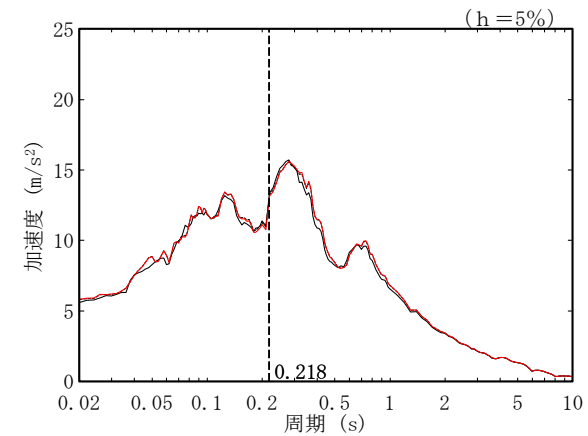
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽CB基礎底面						
35.00	凝灰岩	16.0	647	574	0.887	0.03
9.13	軽石凝灰岩	14.7	595	515	0.866	0.03
-6.77		16.3	1340	1226	0.915	0.03
-33.37	軽石質砂岩	19.8	2230	2092	0.938	0.03
-50.12	礫岩	20.8	2340	2130	0.910	0.03
-51.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1800	1685	0.936	0.03
-55.59	細粒砂岩	18.2	2050	1926	0.940	0.03
▽解放基礎表面		-	18.1	1601	1601	1.000

(c) 収束物性値



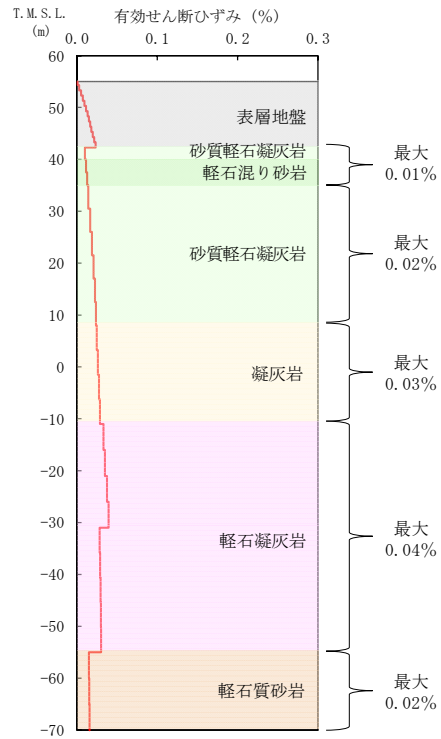
\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

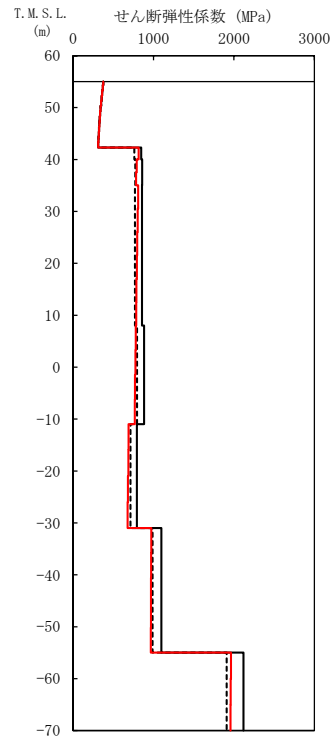
- (凡例) — 初期物性値  
 — 等価線形解析による収束物性値  
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.2-3 図 地盤の等価線形解析結果 (CB)





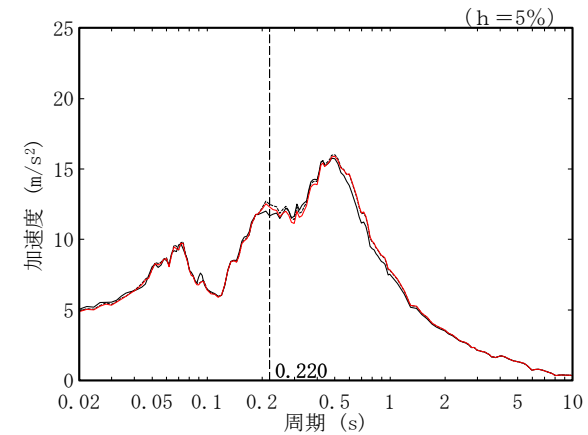
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3 \text{kN}/\text{m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽AZ基礎底面						
42.30	砂質軽石凝灰岩	14.4	849	816	0.961	0.03
40.00	軽石混り砂岩	14.6	861	789	0.916	0.03
35.00	砂質軽石凝灰岩	15.8	858	798	0.930	0.03
8.00	凝灰岩	16.3	885	774	0.875	0.03
-11.00	軽石凝灰岩	14.6	794	686	0.864	0.03
-31.00		15.6	1100	971	0.883	0.03
-55.00	軽石質砂岩	18.1	2120	1961	0.925	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

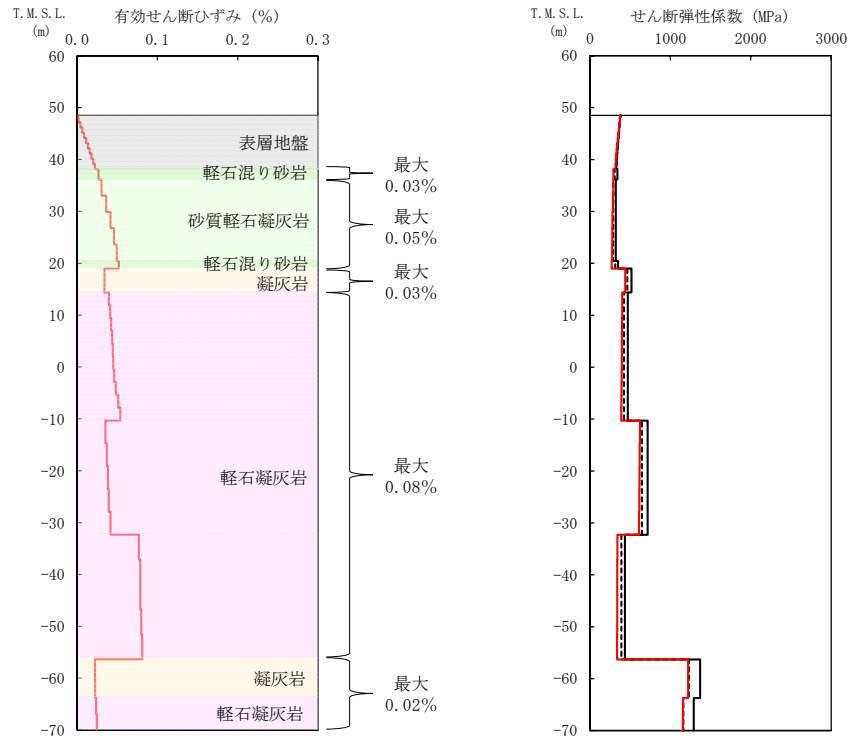


\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

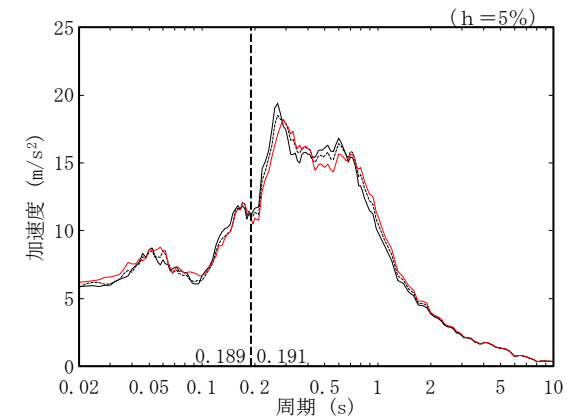
- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.2-4 図 地盤の等価線形解析結果 (AZ 周辺, AZ)



T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	収束せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^3$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽G14基礎底面						
38.15	軽石混り砂岩	15.8	341	291	0.853	0.03
36.15	砂質軽石凝灰岩	14.9	322	282	0.876	0.03
20.44	軽石混り砂岩	16.2	350	271	0.774	0.03
18.99	凝灰岩	16.2	517	439	0.849	0.03
14.37		14.7	470	396	0.843	0.03
-10.30	軽石凝灰岩	15.2	717	616	0.859	0.03
-32.30		15.2	435	339	0.779	0.03
-56.33	凝灰岩	16.2	1370	1220	0.891	0.03
-63.74	軽石凝灰岩	15.3	1290	1156	0.896	0.03
▽解放基盤表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

- (凡例) — 初期物性値  
 — 等価線形解析による収束物性値  
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.2-5 図 地盤の等価線形解析結果 (G14)

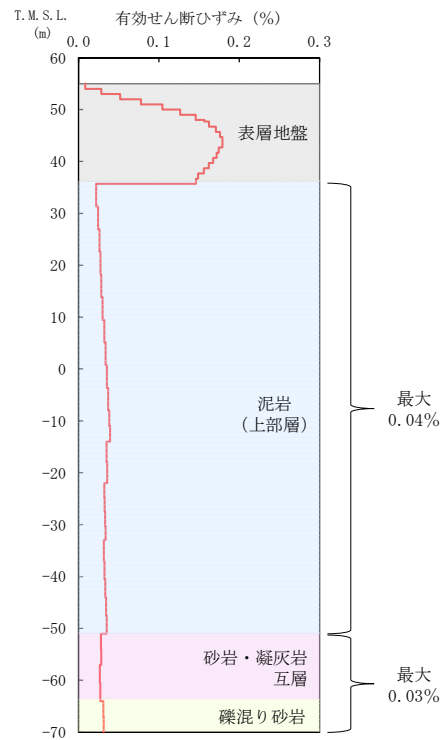
### 3.3 西側地盤における岩盤部分の非線形性の影響

西側地盤における等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 3.3-1 図に示す。

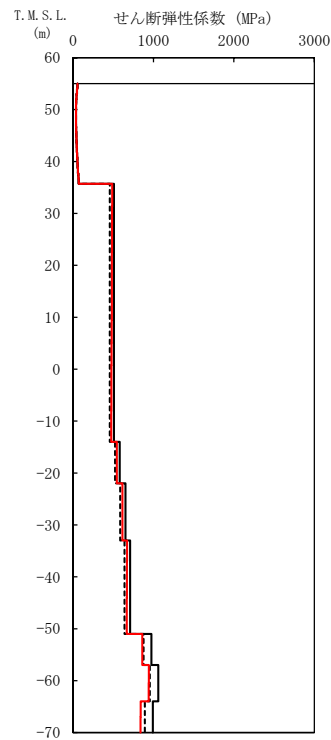
地盤の等価線形解析の結果、各岩種の有効せん断ひずみ及び剛性低下率  $G/G_0$  は以下のとおりとなっていることを確認した。なお、以下に記載する最大有効せん断ひずみの値については、最大の値を、剛性低下率  $G/G_0$  については、最小の値を記載している。

- ・泥岩(上部層):最大有効せん断ひずみ 0.04%, 剛性低下率  $G/G_0$  0.940
- ・砂岩・凝灰岩互層:最大有効せん断ひずみ 0.03%, 剛性低下率  $G/G_0$  0.884
- ・礫混り砂岩:最大有効せん断ひずみ 0.03%, 剛性低下率  $G/G_0$  0.847

基礎底面レベルの加速度応答スペクトルの比較結果から、線形条件と等価線形解析の結果については、周期特性に顕著な乖離がないこと、また、建屋の 1 次固有周期において同程度の応答となることから、西側地盤のグループにおいて、0.03%~0.04% 程度の有効せん断ひずみに対する剛性低下の影響は十分に小さいことを確認した。



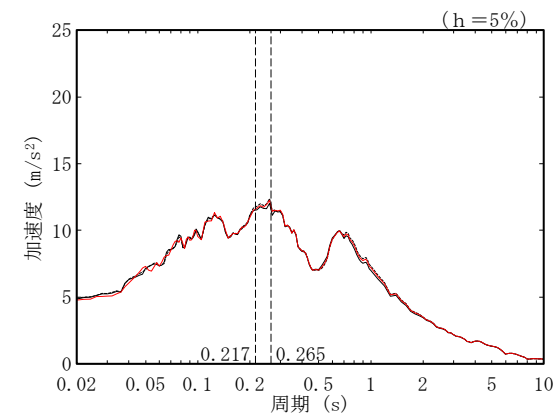
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	初期せん断 弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )	収束せん断 弾性係数 $G$ ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ )	剛性低下率 $G/G_0$	減衰定数 $h$
▽EB基礎底面						
35.70		15.9	508	481	0.947	0.03
-14.00	泥岩(上部層)	15.8	580	545	0.940	0.03
-22.00		16.1	651	614	0.943	0.03
-33.00		16.0	710	669	0.942	0.03
-51.00	砂岩・凝灰岩 互層	17.0	973	860	0.884	0.03
-57.00		16.7	1060	942	0.889	0.03
-64.00	礫混り砂岩	15.6	992	840	0.847	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	15.9	987	987	1.000	0.03

(c) 収束物性値



\* : 図中の縦点線は建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

- (凡例) ——— 初期物性値  
 ——— 等価線形解析による収束物性値  
 - - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 3.3-1 図 地盤の等価線形解析結果 (E 施設周辺, EB)

### 3.4 中央地盤・東側地盤・西側地盤の比較

3.1 節～3.3 節の結果を踏まえて、中央地盤、東側地盤及び西側地盤における地盤の有効せん断ひずみ及び剛性低下率  $G/G_0$  の比較結果を第 3.4-1 表に整理する。

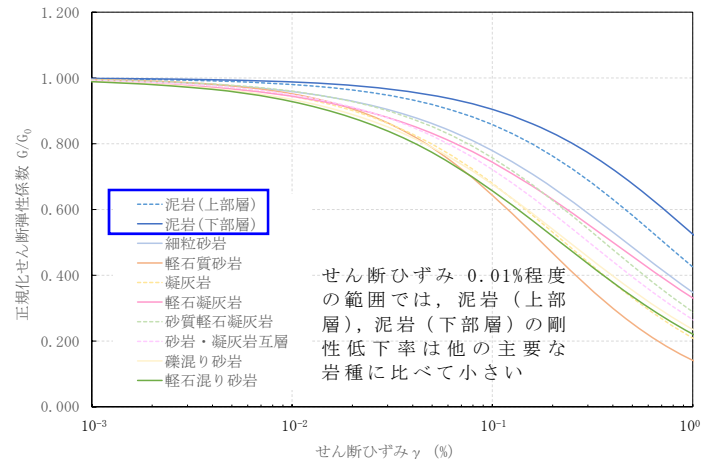
中央地盤、G14 を除く東側地盤及び西側地盤では、いずれも最大有効せん断ひずみが 0.04% 程度以内に収まり、剛性低下率  $G/G_0$  は 0.8 程度以上の範囲にあることを確認した。なお、中央地盤の主要な岩種である泥岩（下部層）及び西側地盤の主要な岩種である泥岩（上部層）については、剛性低下率  $G/G_0$  は 0.95 程度以上の範囲にあり、その他の岩種と比べ岩盤部分の非線形性の影響がより小さいと考えられる。これは、第 3.4-1 図に示すひずみ依存特性の比較結果のとおり、泥岩（下部層）及び泥岩（上部層）は、他の岩種と比較し、剛性が低下しにくい傾向となっているためであると考えられる。

東側地盤の G14 については、3.2 節に示したとおり、軽石凝灰岩の初期せん断弾性係数が他グループと比べ小さいことから、地震時の地盤のせん断ひずみが卓越しやすく、剛性低下が他岩種と比べて大きい傾向であると考えられる。

加速度応答スペクトルへの影響に関しては、中央地盤、東側地盤、西側地盤いずれにおいても、周期特性に顕著な乖離がないこと、また、建屋の 1 次固有周期において同程度の応答となることから、剛性低下による影響は小さいものと判断する。

第 3.4-1 表 地盤応答解析結果の比較

	最大有効せん断ひずみ	剛性低下率 $G/G_0$ の 最小値
中央地盤	0.01%～0.03%	0.827
東側地盤（G14 を除く）	0.01%～0.04%	0.851
東側地盤（G14）	0.02%～0.08%	0.774
西側地盤	0.03%～0.04%	0.847



第 3.4-1 図 中央地盤・東側地盤・西側地盤の主要な岩種の  
ひずみ依存特性の比較

#### 4. まとめ

本資料においては、一般的・標準的な手法による岩盤部分の非線形性に係る検討を実施した。

今後、基本地盤モデルの設定にあたっては、本資料に示す加速度応答スペクトルの比較結果を踏まえ、岩盤部分の非線形性が入力地震動に及ぼす影響は小さいことから、線形条件とする。