

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 08 R <u>20</u>
提出年月日	令和 5 年 8 月 <u>31</u> 日

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

建物・構築物の入力地震動の算定に用いる

地盤モデルの設定について

1. 文章中の下線部は R19 から R20 への変更箇所を示す。
2. 本資料 (R20) は令和 5 年 8 月 21 日に提示した「耐震設計の基本方針に関する建物・構築物の入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定について (R19)」に対し、一部内容を見直したものである。

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 本資料における説明の全体像	2
3. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定方針	7
4. 第1回設工認申請における地盤モデル	8
4.1 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法	8
4.1.1 速度構造の設定方法	8
4.1.2 ひずみ依存特性の設定方法	8
4.2 第1回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定	9
4.2.1 「基本地盤モデル」の設定方針	9
4.2.2 地盤物性のばらつきの設定	9
4.2.3 基本地盤モデルの設定結果	11
5. 第2回設工認申請における地盤モデル	14
5.1 敷地における地盤モデルの構成	14
5.1.1 地質学的に見た敷地近傍の地質構造	14
5.1.2 地質学的に見た敷地内の地質構造	16
5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成	26
5.2 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定の考え方	29
5.2.1 地盤モデルに設定するパラメータの整理	29
5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理	31
5.3 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法	35
5.3.1 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法の整理	35
5.3.2 調査データ等の整理を行う因子の抽出	37
5.3.3 各因子における調査データ等の整理結果	38
5.4 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果	49
5.5 第2回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定	51
5.5.1 「基本地盤モデル」の設定方針	51
5.5.2 地盤物性のばらつきの設定	52
5.5.3 基本地盤モデルの設定結果	53
5.6 計算書の取りまとめに係る検討	63
5.6.1 検討方針	63
5.6.2 入力地震動の算定方法	63
5.6.3 入力地震動の比較結果	63
5.6.4 計算書の取りまとめに係る検討結果	63
6. 「基本地盤モデル」の設定結果の比較	64
7. まとめ	66

1. 概要

本資料は、再処理施設、MOX 燃料加工施設及び廃棄物管理施設に係る設計及び工事の方法の認可申請書（第 1 回申請：2020 年 12 月 24 日申請，第 2 回申請：2022 年 12 月 26 日申請）（以下，上記の第 1 回申請及び第 2 回申請を総じて「今回設工認」という。）のうち，以下に示す建物・構築物の地震応答計算書を補足説明するものである。

再処理施設及び MOX 燃料加工施設の第 1 回設工認申請

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の地震応答計算書」
- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-3-2-1-2-1 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の計算書」
- ・MOX 燃料加工施設 添付書類「III-2-1-1-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- ・MOX 燃料加工施設 添付書類「III-6-2-1-1-1 燃料加工建屋の基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する耐震性評価結果」

再処理施設の第 2 回設工認申請及び廃棄物管理施設の設工認申請

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-1-1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書」のうち，建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の地震応答計算書
- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-2 屋外重要土木構造物の耐震性に関する計算書」のうち，屋外重要土木構造物の地震応答計算書
- ・再処理施設 添付書類「IV-2-2-2-1-1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書」のうち，建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書
- ・再処理施設 添付書類「IV-5-2-1-1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）」のうち，建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の基準地震動 S_s を 1.2 倍した地震力に対する地震応答計算書
- ・再処理施設 添付書類「IV-5-2-1-2-1 洞道の基準地震動 S_s を 1.2 倍した地震力に対する耐震計算結果」
- ・再処理施設 添付書類「IV-5-2-3 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価結果」のうち，建物・構築物の耐震性に関する計算書
- ・廃棄物管理施設 添付書類「II-2-1-1-1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書」のうち，建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の地震応答計算書
- ・廃棄物管理施設 添付書類「II-2-2-2-1-1 建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書」のうち，建物・構築物（屋外重要土木構造物以外）の耐震性に関する計算書

2. 本資料における説明の全体像

本資料の目的は、耐震設計における入力地震動について、その算定に用いる地盤モデルの設定方針、プロセス及び結果について説明するとともに、入力地震動の策定結果を説明するものである。

本資料の説明内容は、第 2-1 図に示すとおり、添付書類「IV-1-2-1-1 建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」に示す耐震設計の全体プロセスのうち、地震応答解析における「解析モデルの設定」、「入力地震動の算定」に該当する。

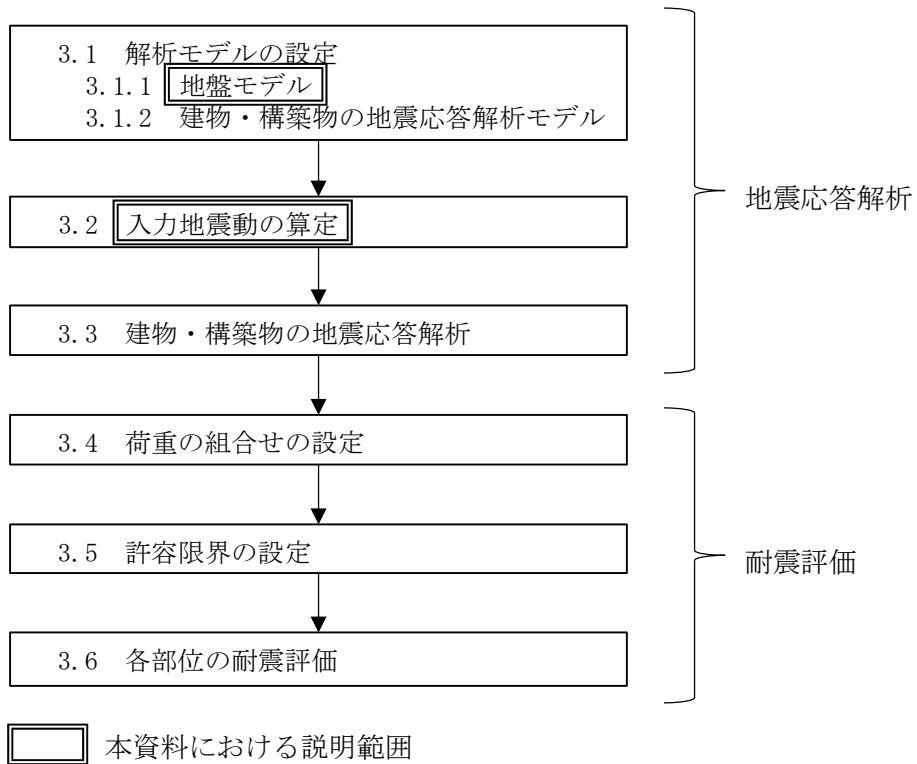
本資料においては、地盤の実態を踏まえ、科学的・技術的に適正なパラメータ設定を行い、入力地震動の算定に用いる地盤モデルを設定する。

また、上記において設定した地盤モデルを用いて、第 2-1 図に示す耐震設計の全体プロセスのとおり「入力地震動の算定」を行い、その結果を用いて「建物・構築物の地震応答解析」を実施し、「各部位の耐震評価」までの詳細な耐震設計を行う。

なお、今回設工認の申請時点の耐震設計に用いている入力地震動の算定結果及びこれに基づく耐震評価結果によらず、改めて設定を行う。今回設工認のうち第 2 回設工認申請においては、耐震評価を行う施設が多岐に亘ることから、効果的かつ効率的な計算書の取りまとめを検討する。

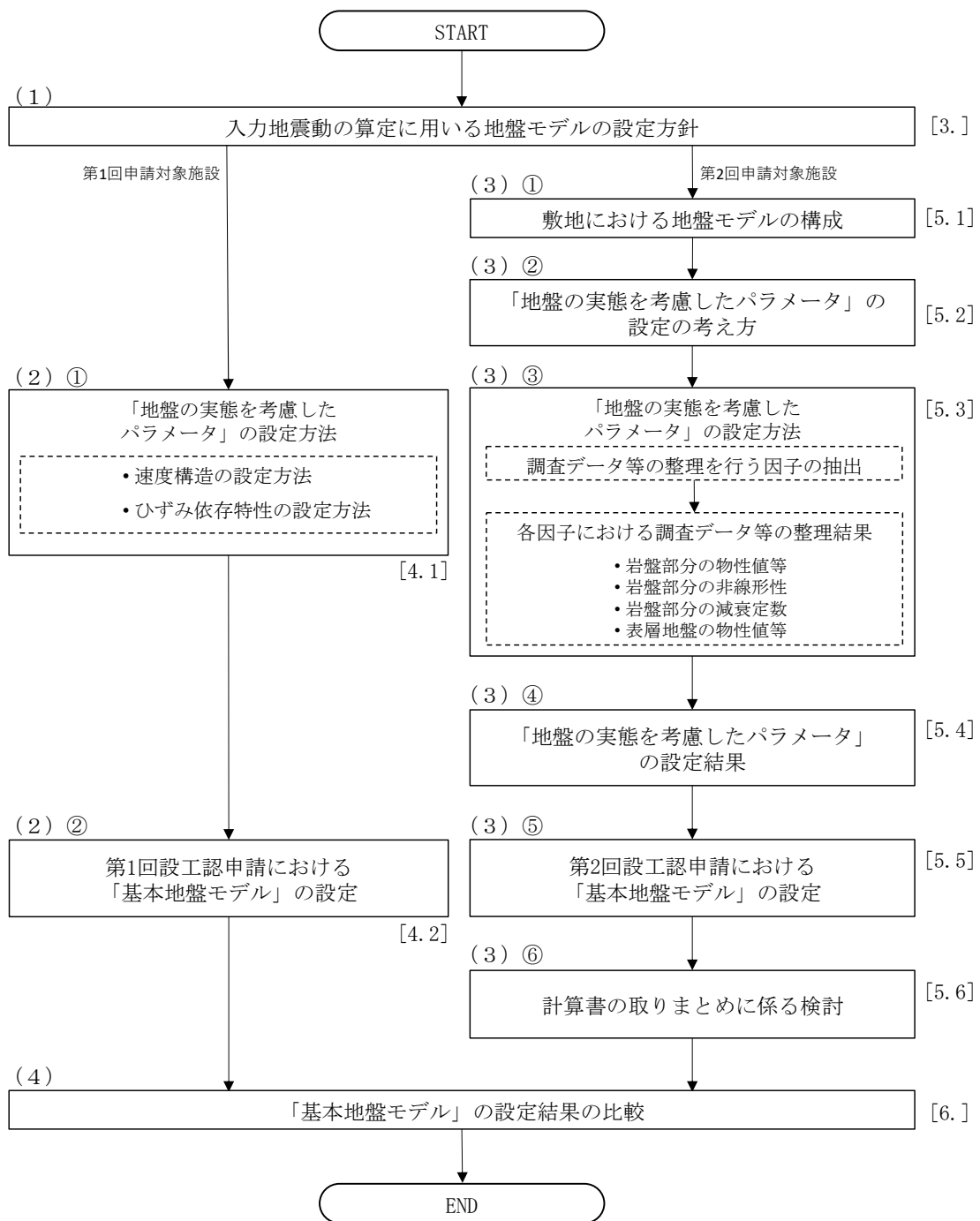
上記目的を達成するために、本資料においては、第 2-2 図に示す説明の全体像のとおり、以下（1）～（4）のステップで説明を行う。

■：商業機密および核不拡散の観点から公開できない箇所



注記 : 各項目の番号は添付書類「建物・構築物の耐震計算に関する基本方針」のうち、「3. 耐震計算プロセスの詳細」の章番号に対応する。

第 2-1 図 建物・構築物の耐震設計プロセス



注記 : []内は本資料における章番号を示す。

第 2-2 図 説明の全体像

(1) 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定方針

- ・今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルを、地盤の実態を踏まえた科学的・技術的に適正な地盤モデルとして設定するための方針を述べる。具体的には、まず各建物・構築物の直下又は近傍の地盤のデータを用いて「地盤の実態を考慮したパラメータ」を設定する。その上で、入力地震動の算定に用いる地盤モデルとして、「基本地盤モデル」を設定する方針とすることを述べる。

(2) 第1回設工認申請における地盤モデル

① 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法

- ・第1回設工認申請における地盤モデルの設定として、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法を説明する。

② 第1回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定

- ・「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法に基づき設定したパラメータを用いて、「基本地盤モデル」を設定する。

(3) 第2回設工認申請における地盤モデル

① 敷地における地盤モデルの構成

- ・当社敷地においては、解放基盤表面 (G. L. -125m) にて基準地震動 S_s を定義していること、建物・構築物は、概ね G. L. -20m 程度の深さにて、岩盤に支持されていること、また、建物・構築物の基礎底面以浅においては、表層地盤に埋め込まれていることを踏まえ、それぞれの深さにおいて当社敷地における地盤の概要を説明する。
- ・建物・構築物については、上記のとおり、岩盤に支持されていること、また、第2回設工認申請において、側面地盤による埋め込みを考慮し、側面地盤ばねを考慮していることを踏まえ、建物・構築物の入力地震動の算定の考え方を説明する。
- ・上記の敷地における地盤の概要及び入力地震動の算定の考え方を踏まえ、敷地において設定する地盤モデルの構成について説明する。

② 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定の考え方

- ・上記①において示した地盤モデルの構成に従い、地盤モデルに設定するパラメータ項目を明らかにする。
- ・これらのパラメータに対して、当社敷地において得られているデータに基づき、地盤モデル設定の考え方を整理する。整理にあたっては、新規制基準施行前の設計及び工事の方法の認可申請書 (以下、「既認可」という。) からの状態変化を踏まえ、整理した考え方がその状態変化を適切に反映できるものになっているかの確認結果を示す。

③ 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法

- ・上記②に示した考え方に従い、地盤の実態を考慮したパラメータの設定方法の概要を説明する。
- ・地盤の実態を考慮する上で、敷地において得られている調査データ等の分析により設定する必要のあるパラメータ（検討が必要な因子）を抽出した結果を説明する。
- ・上記により抽出された因子に対し、具体的な分析内容及び分析結果を説明する。各因子の分析におけるデータの扱い及び設定結果については、因子ごとに別紙にてその詳細を説明する。

④ 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果

- ・上記②及び③を踏まえ、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果を示す。
- ・さらに、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果に対し、信頼性の向上の観点で行う追加調査について説明する。

⑤ 第2回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定

- ・上記④にて設定した「地盤の実態を考慮したパラメータ」を踏まえ、入力地震動の算定に用いる地盤モデルとして、「基本地盤モデル」を設定した結果を示す。
- ・基本地盤モデルの設定にあたっては、以下の点に留意する。
 1. 基本地盤モデルによる入力地震動の算定結果が、「地盤の実態を考慮したパラメータ」に対して保守性及び合理性を考慮した設定となっているか
 2. 耐震設計上考慮するばらつき幅を適切に設定したのとなっているか。

⑥ 計算書の取りまとめに係る検討

- ・今回設工認のうち第2回設工認申請においては、耐震評価を行う施設が多岐に亘ることから、効果的かつ効率的な計算書の取りまとめを検討する。

(4) 「基本地盤モデル」の設定結果の比較

- ・第1回設工認申請と第2回設工認申請における地盤の実態を考慮したパラメータについて、両者の設定結果をの差分について確認した結果を説明する。

3. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定方針

既認可における耐震設計では、建物・構築物の基礎底面以深の支持地盤の地盤物性値に基づき、線形の地盤モデルを設定していた。ここで、支持岩盤の地盤物性値については、敷地内を中央地盤、西側地盤、東側地盤の3つのエリアに区分しており、エリア単位の平均的な物性値を設定したエリアごとの共通モデルを使用していた。

しかしながら、今回設工認における耐震設計では、建物の埋め込みを考慮するために表層地盤を考慮に加えている。また、基準地震動 S_s が新規制基準を踏まえて大きくなっており、特に表層地盤において非線形性が現れてくる等、設計条件が変化している。

このことから、今回設工認における入力地震動の算定にあたっては、地盤の実態を踏まえた科学的・技術的に適正な地盤モデルとして、各建物・構築物の直下又は近傍の地盤のデータを用いて「地盤の実態を考慮したパラメータ」を設定した上で、入力地震動の算定に用いる地盤モデルを決定する。

「地盤の実態を考慮したパラメータ」については、各建物・構築物の直下又は近傍の地盤のデータを用いて設定することとし、上記の設計条件の変化を踏まえ、地盤の非線形性を適切に考慮する。

その上で、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果を踏まえ、入力地震動の算定に用いる地盤モデルとして、「基本地盤モデル」を設定する。

4. 第1回設工認申請における地盤モデル

4.1 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法

4.1.1 速度構造の設定方法

「3. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの作成方針」に示したとおり、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定については、各建物・構築物の入力地震動を適切に評価可能なよう、対象とする建物・構築物の直下又は近傍の PS 検層孔を建物・構築物ごとに選定し、当該孔における速度構造データを用いて設定する。

4.1.2 ひずみ依存特性の設定方法

第1回設工認申請において、入力地震動の算定に用いる地盤モデルについては、建物・構築物直下又は近傍における岩種ごとの非線形特性を考慮し、ひずみ依存特性を考慮することとする。ひずみ依存特性は、各岩種に対する繰返し三軸圧縮試験結果に基づいて設定する。

4.2 第1回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定

4.2.1 「基本地盤モデル」の設定方針

第1回設工認申請においては、「4.1 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法」に基づき設定した「地盤の実態を考慮したパラメータ」を用いて「基本地盤モデル」を設定する。

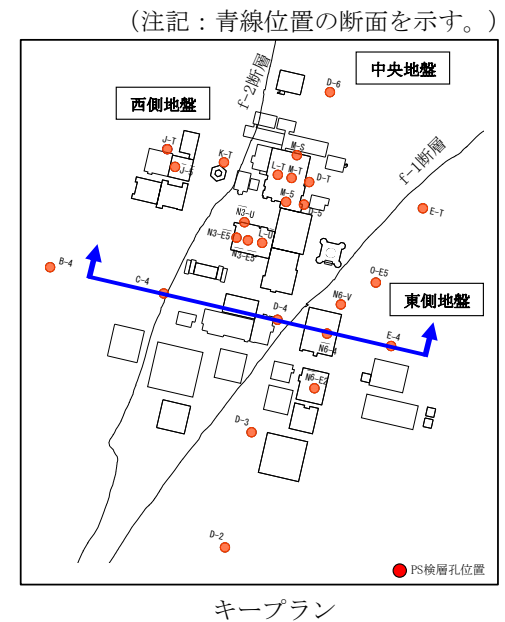
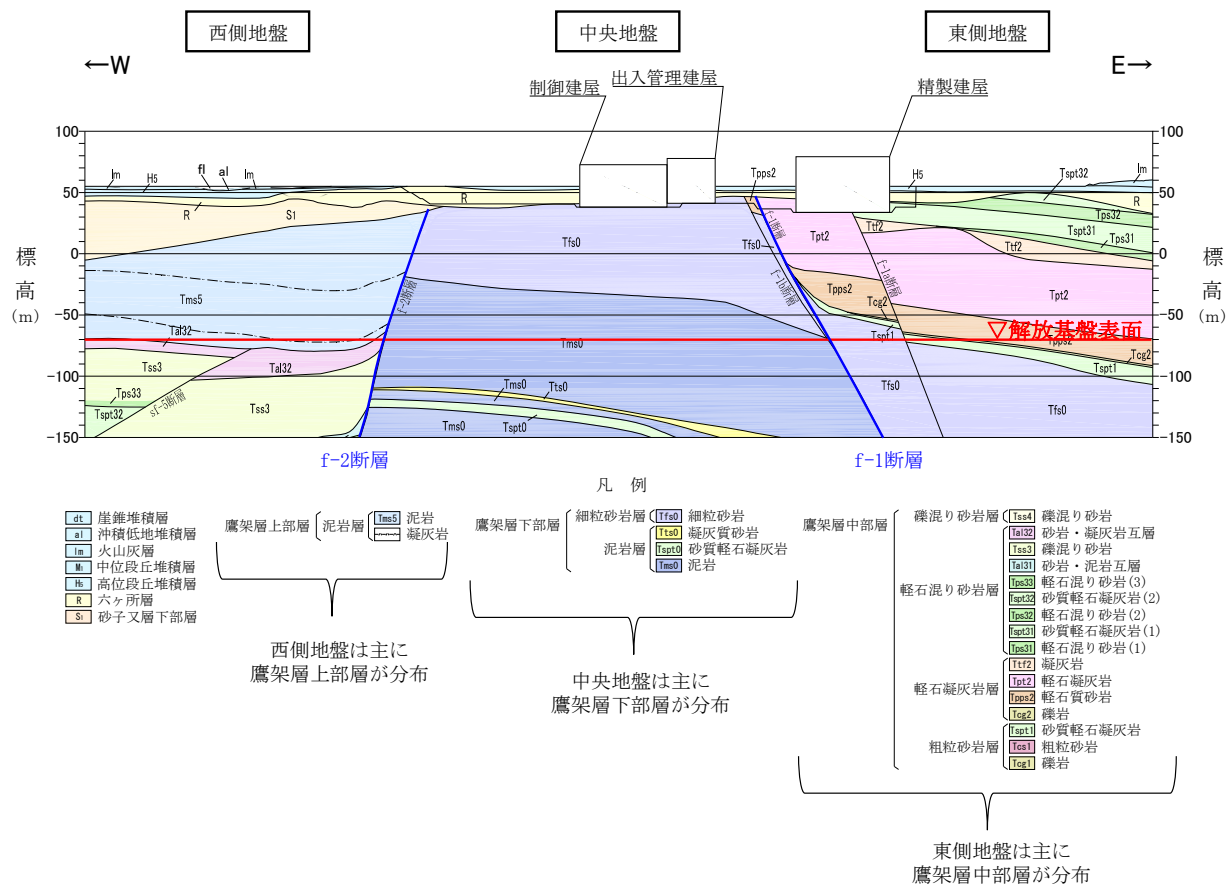
4.2.2 地盤物性のばらつきの設定

第1回設工認申請の基本地盤モデルについては、「4.1.1 速度構造の設定方法」に基づく速度構造に対してばらつきを考慮し、各建物・構築物の地震応答計算書における地盤物性のばらつきケースとして設定する。

ばらつき幅の設定にあたっては、対象とする建物・構築物の直下又は近傍に、複数のPS検層データが存在する場合は、それらのデータの平均値に対する $\pm 1\sigma$ のばらつき幅を設定する。対象とする建物・構築物の直下又は近傍に、単一のPS検層データのみが存在する場合には、周辺の地盤状況を踏まえ、当該建物・構築物直下と地質構造が同様なエリアにおけるPS検層データを参照し、岩種ごとに適切なばらつき幅を設定することとする。

再処理施設の敷地は、第4.2.2-1図に示す地質断面図のとおり、f-1断層及びf-2断層を境界として地質構造が大きく異なり、f-2断層の西側のエリアでは主に鷹架層上部層が分布し、f-1断層の東側のエリアでは主に鷹架層中部層が分布し、f-1断層及びf-2断層の間のエリアでは主に鷹架層下部層が分布している。

地質構造が同様なエリアの参照にあたっては、エリアごとに地質構造が大きく異なることを踏まえ、建物・構築物の設置されるエリアを参照することを基本とする。



第 4.2.2-1 図 地質断面図 (東西方向)

4.2.3 基本地盤モデルの設定結果

第1回設工認申請の対象施設において設定した基本地盤モデルを第4.2.3-1表に示す。なお、A4Bの基本地盤モデルは、基礎、本体、飛来物防護ネットにおいて同じ基本地盤モデルを用いる。

PA及びA4Bの基本地盤モデルについては、本補足説明資料における設定方針及び方法に従い、建物・構築物直下又は近傍のPS検層結果に基づき作成されており、さらに、非線形性についても、建物・構築物直下又は近傍に分布する岩種ごとに実施された繰返し三軸圧縮試験結果に基づいて設定していることから、作成した地盤モデルには、建物・構築物直下又は近傍の地盤の情報が適切に反映されている。

また、地盤物性のばらつき幅についても、PAについては複数の建物直下PS検層結果に基づいて設定しており、近傍孔のPS検層結果を用いているA4Bについては、敷地内の広域なエリアにおける複数のボーリング調査結果に基づいて設定しており、当該建物・構築物の地盤の実態を踏まえて適切なばらつき幅が設定されている。

入力地震動の算定に用いる地盤物性は、ひずみ依存特性を考慮した等価線形解析に基づく等価物性値を用いる。

地盤の等価線形解析の適用範囲については、「JEAC4601-2008」によれば、支持岩盤の剛性低下率の平均値が0.7を下回らない範囲とされているが、建物・構築物の基礎底面以深の地盤は、せん断ひずみが卓越しにくい硬質な岩盤であることから、上記の適用範囲外となることは無いと考えられる。

PAの地盤の等価線形解析にあたっては、表層地盤のうち、造成盛土の一部の層において、等価線形解析の一般的な適用の目安である有効せん断ひずみ1%を大きく上回る場合があるが、造成盛土のひずみ依存特性において、有効せん断ひずみ1%の段階で、既に剛性としては最低値付近まで低下しており、それ以上のひずみレベルにおける剛性低下を考慮したとしても、得られる等価物性値としては大きく変化しないことから、等価線形解析を用いたとしても、入力地震動の算定結果に大きな影響を与えることは無いと考えられる。

上記の考え方に対し、定量的な確認として、地盤の非線形特性を時々刻々と評価可能な逐次非線形解析を実施し、解析手法の相違が入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。

また、地盤の有効せん断ひずみが1%を大きく上回り、ひずみ依存特性における繰返し三軸圧縮試験結果の外挿範囲となっていることを踏まえて、当該範囲における非線形特性のパラメータスタディを実施しても、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。

なお、「別紙1-1 燃料加工建屋の地盤モデルの設定」及び「別紙1-2 安全冷却水B冷却塔の地盤モデルの設定」に示す地盤モデルについては、設工認申請書における以下に示す地盤の支持性能に係る添付書類に記載する。

- ・再処理施設 添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」
- ・MOX 燃料加工施設 添付書類「III-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」

その上で、以下に示す添付書類において、この地盤モデルを用いた入力地震動に基づいて建物・構築物の地震応答解析を実施し、耐震設計を実施する。

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-1-1-1-1 安全冷却水 B 冷却塔基礎の地震応答計算書」
- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-3-2-1-2-1 飛来物防護ネット（再処理設備本体用安全冷却水系冷却塔 B）の計算書」
- ・MOX 燃料加工施設 添付書類「III-2-1-1-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」
- ・MOX 燃料加工施設 添付書類「III-6-2-1-1-1 燃料加工建屋の基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する耐震性評価結果」

第 4.2.3-1 表 第 1 回設工認申請における基本地盤モデル

(a) PA

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
55.00	造成盛土	15.7	160	580		*1
46.00	六ヶ所層	16.5	320	980		*2
35.00						
▽基礎スラブ底面						
31.53	軽石凝灰岩	15.3	660	1860		*3
9.00		15.6	810	1920		
-28.00	軽石質砂岩	18.2	1090	2260		*4
-49.00	細粒砂岩					*5
▽解放基盤表面						
-70.00	細粒砂岩	18.2	1090	2260		*6

- 注記 *1：造成盛土のひずみ依存特性を設定する。
 *2：六ヶ所層のひずみ依存特性を設定する。
 *3：軽石凝灰岩のひずみ依存特性を設定する。
 *4：軽石質砂岩のひずみ依存特性を設定する。
 *5：細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。
 *6：直上層のひずみ依存特性における線形時の値を設定する。

(b) A4B

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽基礎スラブ底面						
53.80	MMR	*1	*1	*1		*1
▽MMR下端レベル						39.00
37.08	細粒砂岩	18.3	680	1910		*3
36.63	粗粒砂岩					
9.02	細粒砂岩	18.1	940	2040		*2
-25.57	泥岩（下部層）	16.9	790	1880		*4
▽解放基盤表面						
-70.00	泥岩（下部層）	16.9	790	1880		*5

- 注記 *1：支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR直下の支持地盤の物性値を設定する。
 *2：細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。
 *3：粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。
 *4：泥岩（下部層）のひずみ依存特性を設定する。
 *5：直上層のひずみ依存特性における線形時の値を設定する。

5. 第2回設工認申請における地盤モデル

5.1 敷地における地盤モデルの構成

第2回設工認申請においては、「地盤の実態を考慮したパラメータ」を設定する上で、再処理施設及び廃棄物管理施設の敷地における地質構造及び建物・構築物の入力地震動の算定方法を踏まえ、設定するモデルの構成について整理した。

5.1.1 地質学的に見た敷地近傍の地質構造

再処理施設及び廃棄物管理施設の敷地近傍において実施した地表地質調査、反射法地震探査、ボーリング調査及びトレンチ調査に基づき作成した地質構造図を第5.1.1-1図に示す。

敷地の北北東約5km付近には、ほぼ南北走向の出戸西方断層が分布しており、断層直近の鷹架層は図面上に示した走向線*1が密集し、急傾斜している。また、出戸西方断層の西側約1kmにはほぼ南北走向の背斜軸が分布しており、背斜構造*2を示している。

敷地の南東約3km付近には、北北東-南南西走向の向斜軸が分布しており、軸の西翼部が東へ約30°、東翼部が西側へ約10°傾斜する向斜構造*3を示す。

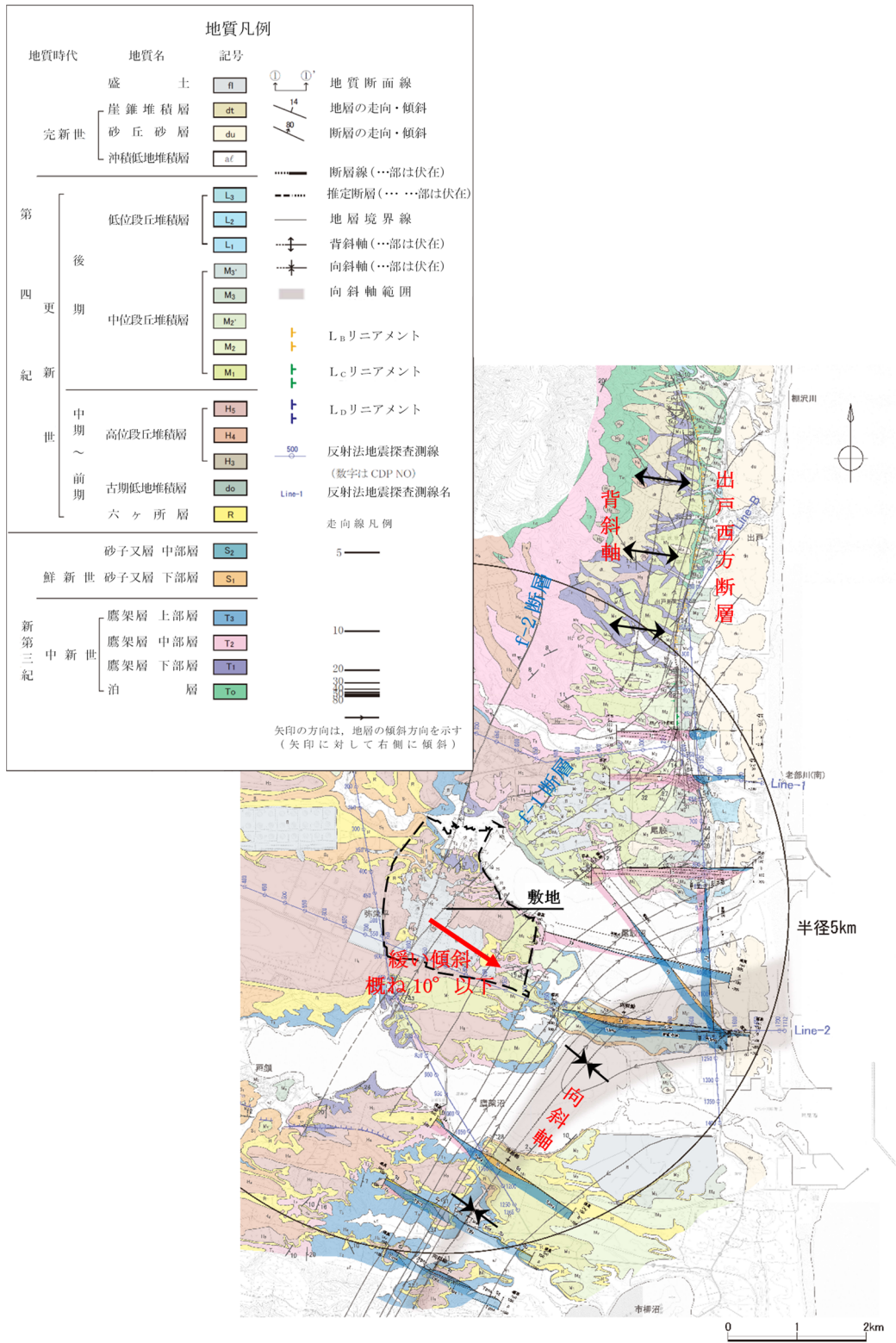
敷地の主たる支持地盤は鷹架層であり、堆積年代の古い順に、鷹架層下部層、鷹架層中部層、鷹架層上部層に区分される。鷹架層の地質構造は、ボーリング調査結果や基礎掘削面の露頭観察結果によると褶曲構造は見られず、南東へ概ね10°以下の緩やかな一様な傾斜（同斜構造*4）で分布し、概ね水平成層である。

注記 *1：地層の走向方向を線で示し、傾斜を線の間隔で表現したもの。地層の傾斜が緩いと間隔が広く、急傾斜だと狭く表現している。

*2：層序的に下位の地層が中心に出ている褶曲構造。一般的には褶曲している地層の山にあたる部分。

*3：層序的に上位の地層が中心に出ている褶曲構造。一般的には褶曲している地層の谷にあたる部分。

*4：地層が一方向へ一様な角度で傾斜する地質構造。



第 5.1.1-1 図 敷地近傍の地質構造図

5.1.2 地質学的に見た敷地内の地質構造

敷地内において地質構造の確認を行ったボーリング調査孔の位置図を第 5.1.2-1 図に示す。

ボーリング調査間隔は、JEAG4601-1987 に示されている建物近傍 200m グリッド、地質構造、岩盤分布及び岩質を把握する 40～50m グリッドに準拠し、敷地周辺では 125m グリッド、建物近傍では 62.5m グリッドで全域にわたって調査を実施しており、平面的及び深さ方向の地質構造を網羅的に把握している。

敷地の主たる岩盤である鷹架層は、建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面及び解放基盤表面以深に分布しており、第 5.1.2-2 図に示すように f-1 断層と f-2 断層に規制されており、敷地内の岩盤は、f-1 断層と f-2 断層を境界として、大きく 3 つの特徴を有する岩盤に区分される。

第 5.1.2-3 図及び第 5.1.2-4 図に示すように f-1 断層は最大落差 140m の正断層で東側が低下しており、f-2 断層は最大落差 330m の正断層で西側が低下している。そのため、f-1 断層と f-2 断層に挟まれる敷地中央では鷹架層下部層が地塁*状に高まって分布しており、落差の大きい f-2 断層の西側では主に鷹架層上部層が分布し、落差の小さい f-1 断層の東側では主に鷹架層中部層が分布している。

第 5.1.2-5 図及び第 5.1.2-6 図に示すように建物設置範囲の東西断面で見た場合、西側では概ね水平、中央と東側では東へ緩い傾斜を示す。

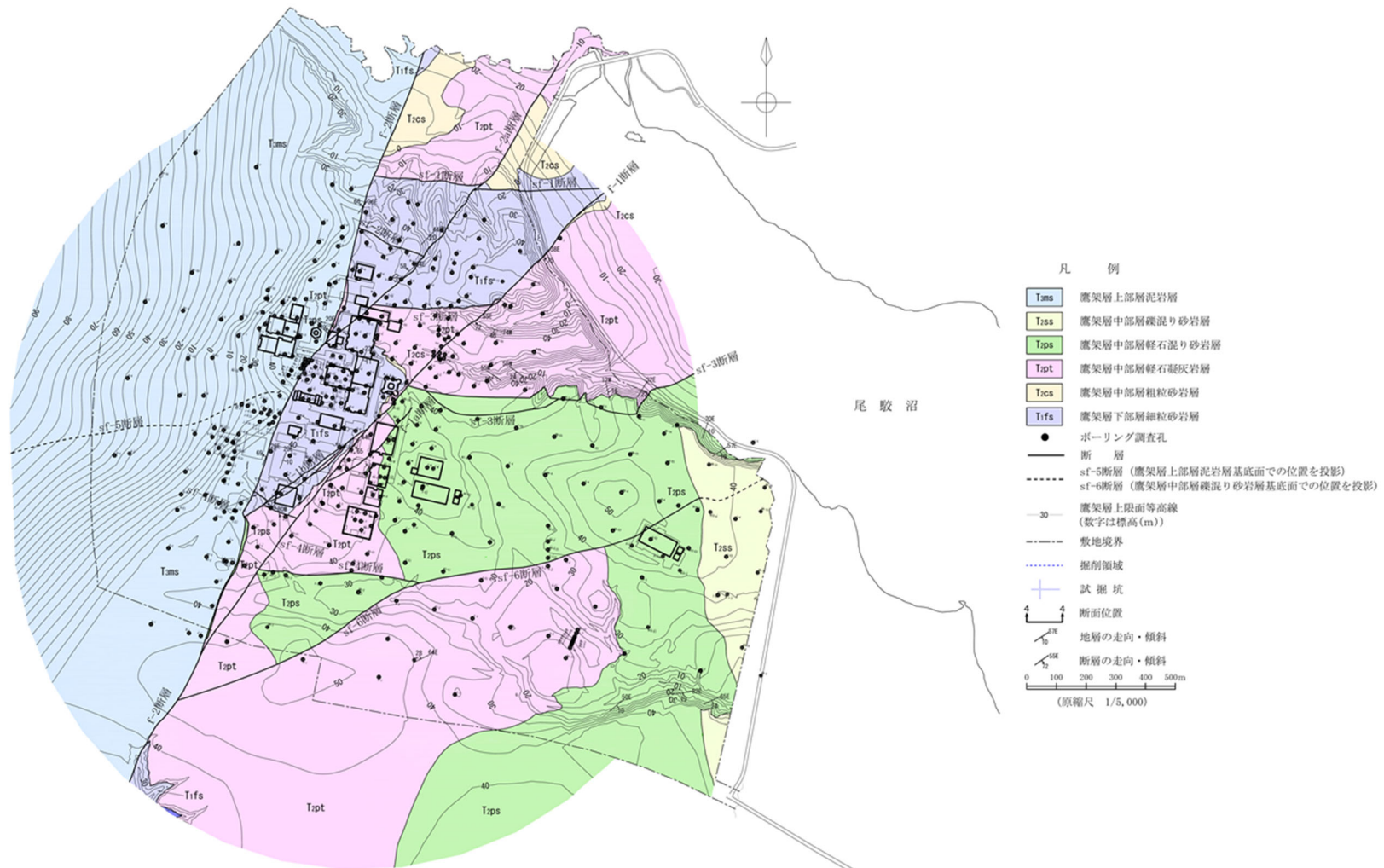
第 5.1.2-7 図～第 5.1.2-9 図に示すように建物直近の南北断面で見た場合、西側では南へ緩い傾斜、中央では概ね水平、東側では北へ緩い傾斜を示す。

以上より、敷地内の支持地盤は f-1 断層と f-2 断層を境界として、大局的に、敷地内の中央、西側、東側の 3 つの地盤に区分され、それぞれの地盤において、地質構造は緩い傾斜はあるものの、概ね水平である。

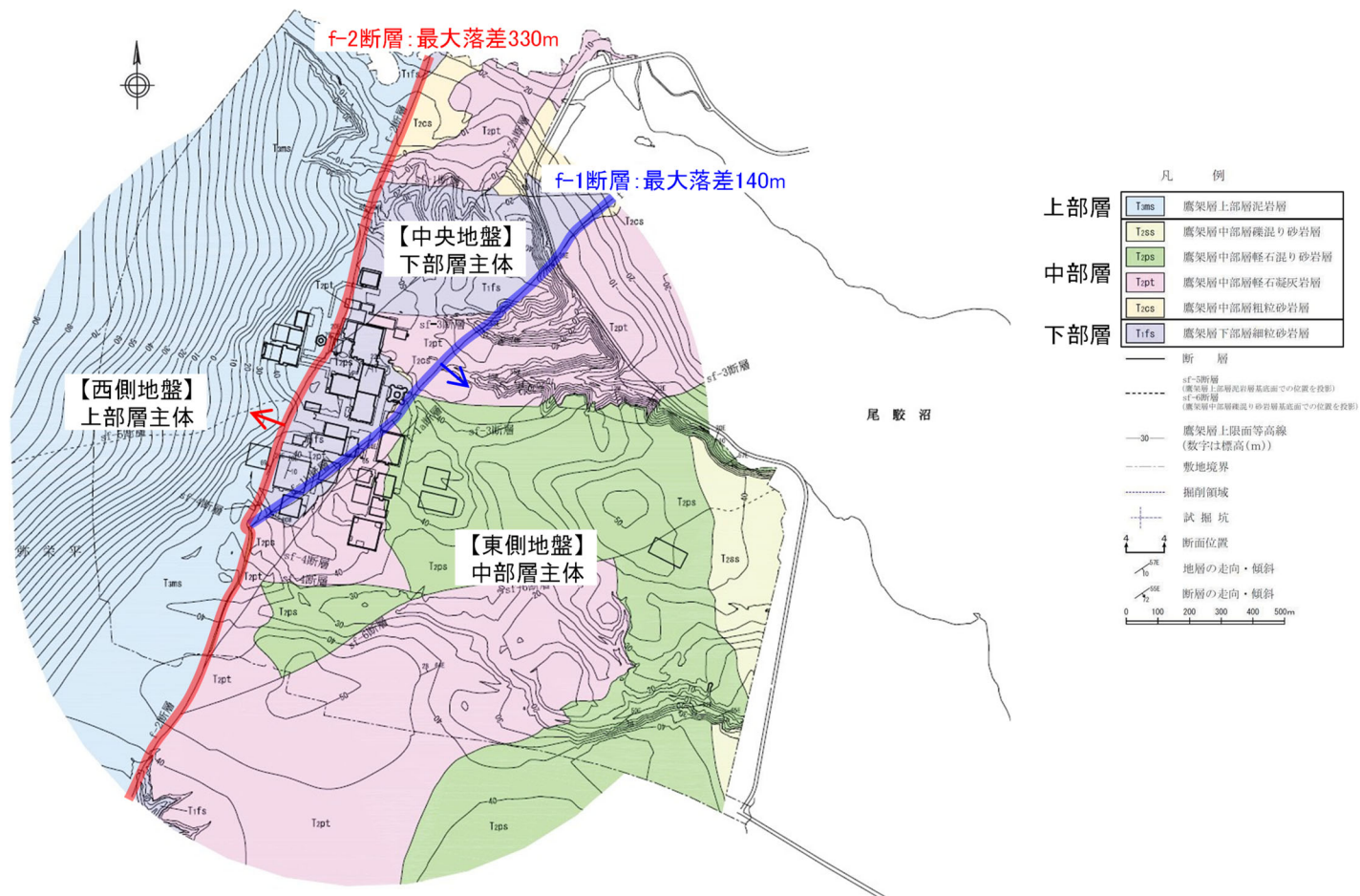
注記 *：正断層で限られた、幅に比して延長の長い、両側に対して相対的に隆起した地塊

また、第 5.1.2-5 図～第 5.1.2-9 図より、地表面～建物・構築物の基礎底面において、建物の周辺は広範囲が掘削され、埋戻し工事が実施されたことにより、埋戻し土が広く分布している。

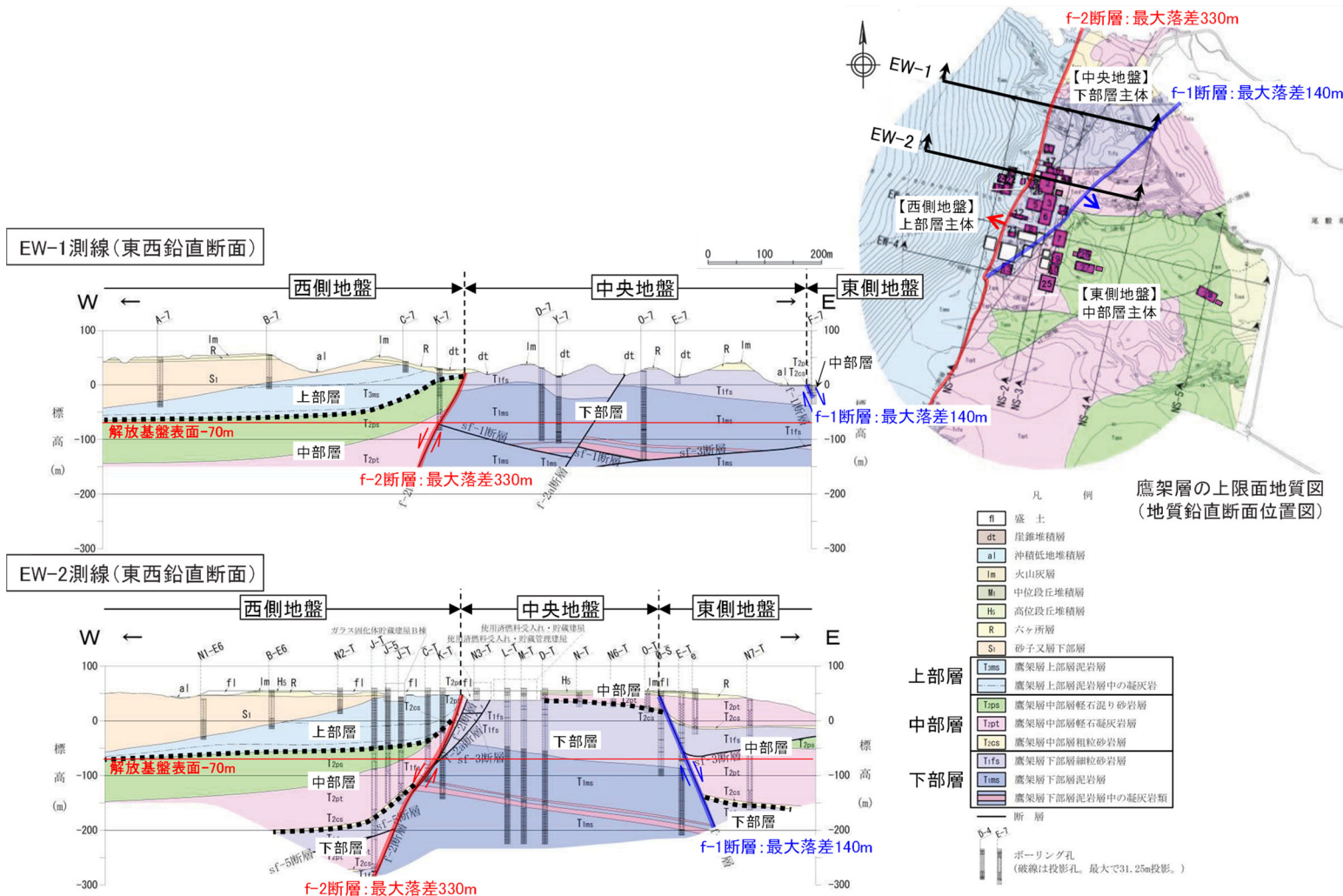
地盤の実態を考慮したパラメータについては、上記の再処理施設及び廃棄物管理施設の敷地の特徴を踏まえ、さらに、建物・構築物の配置等を踏まえた各位置における調査結果等に基づき設定を行う。



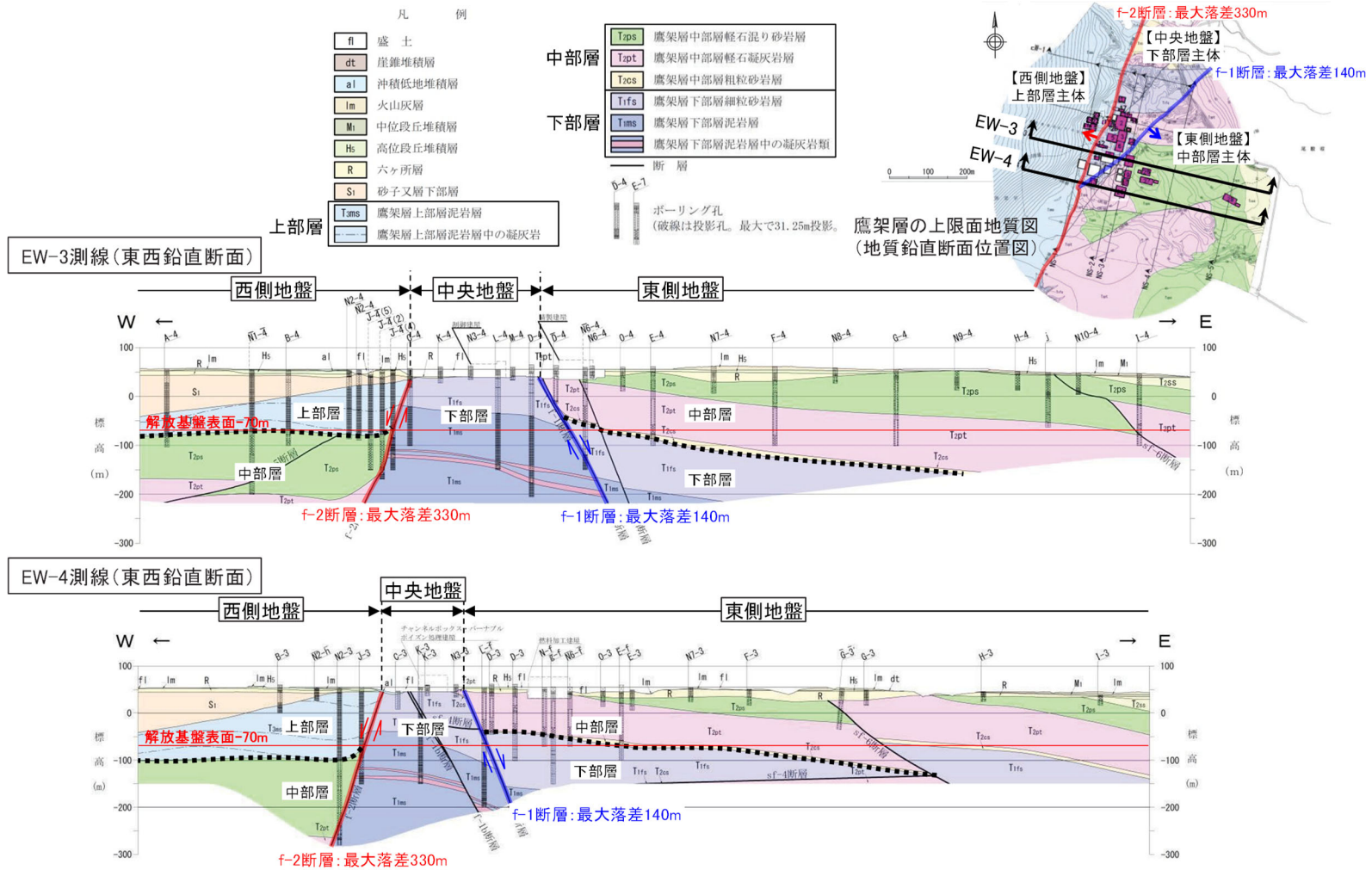
第 5.1.2-1 図 ボーリング調査位置図



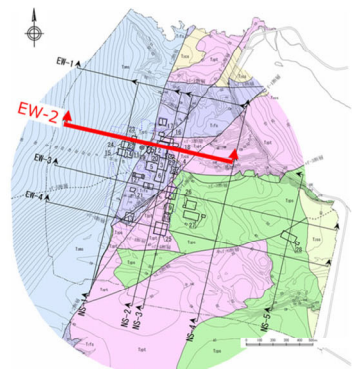
第 5.1.2-2 図 鷹架層上限面及び等高線図(主体地盤と f-1, f-2 断層)



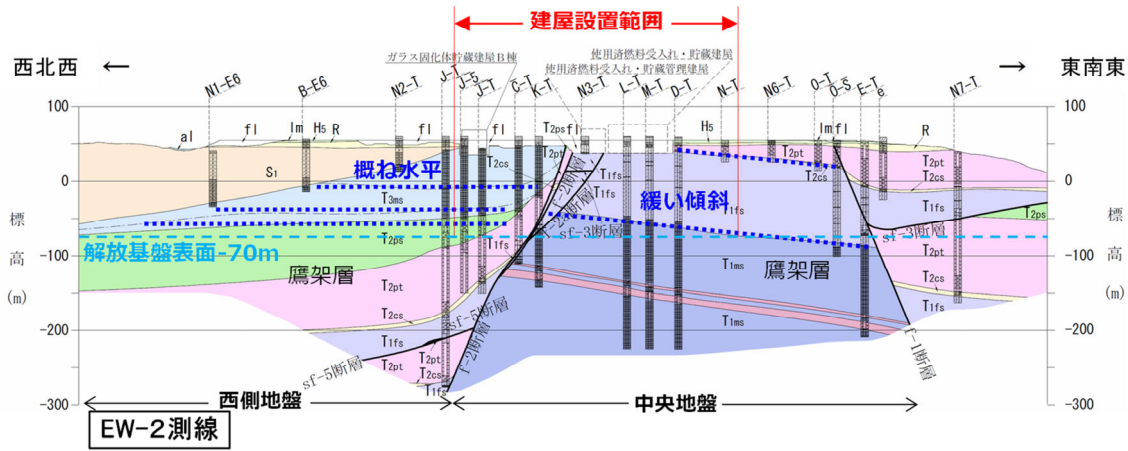
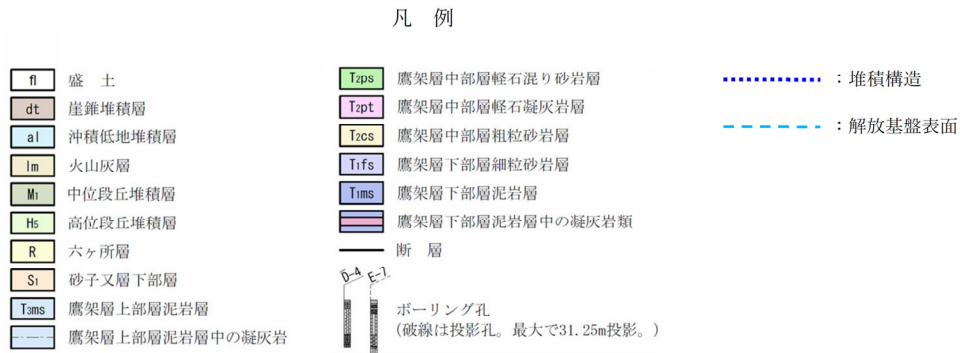
第 5.1.2-3 図 地質鉛直断面図 (東西断面 EW-1 測線, EW-2 測線)



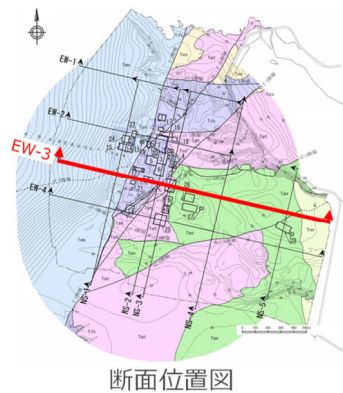
第 5.1.2-4 図 地質鉛直断面図 (東西断面 EW-3 測線, EW-4 測線)



断面位置図

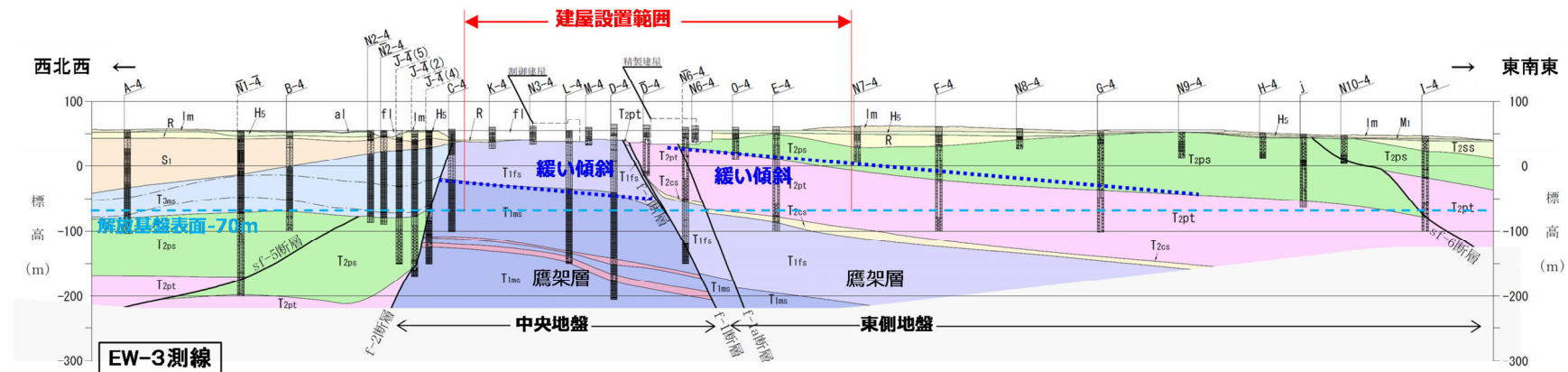


第 5.1.2-5 図 敷地の地質断面図 (東西断面 EW-2 測線)

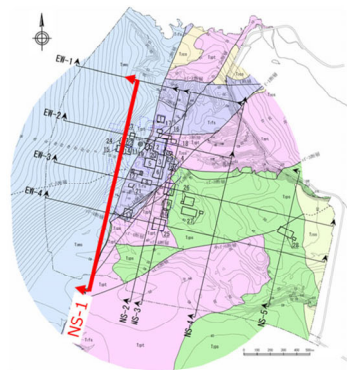


凡例

- | | | | | | |
|-----|----------------|------|-----------------|---------|-----------------------|
| fl | 盛土 | T2ps | 鷹架層中部層軽石混り砂岩層 | | 堆積構造 |
| dt | 崖錐堆積層 | T2pt | 鷹架層中部層軽石凝灰岩層 | - - - - | 解放基盤表面 |
| al | 沖積低地堆積層 | T2cs | 鷹架層中部層粗粒砂岩層 | — | 断層 |
| lm | 火山灰層 | T1fs | 鷹架層下部層細粒砂岩層 | ○ | ボーリング孔 |
| Mi | 中位段丘堆積層 | T1ms | 鷹架層下部層泥岩層 | ○ | (破線は投影孔。最大で31.25m投影。) |
| Hs | 高位段丘堆積層 | | 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩類 | | |
| R | 六ヶ所層 | | | | |
| S1 | 砂子又層下部層 | | | | |
| Tms | 鷹架層上部層泥岩層 | | | | |
| | 鷹架層上部層泥岩層中の凝灰岩 | | | | |



第 5.1.2-6 図 敷地の地質断面図 (東西断面 EW-3 測線)



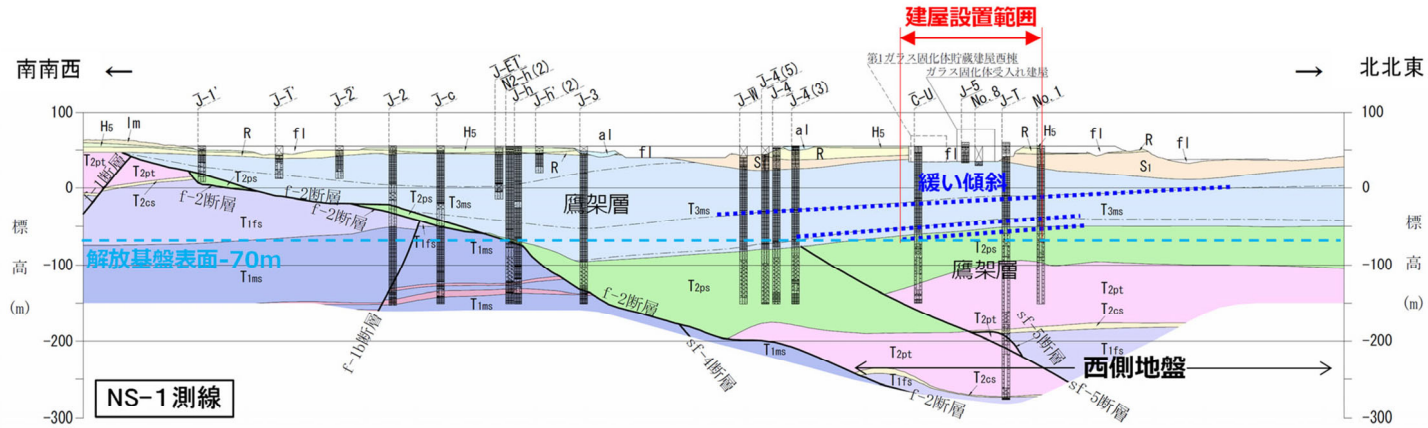
断面位置図

- fl 盛土
- dt 崖堆積層
- al 沖積低地堆積層
- lm 火山灰層
- Mi 中位段丘堆積層
- Hs 高位段丘堆積層
- R 六ヶ所層
- S1 砂子又層下部層
- T3ms 鷹架層上部泥岩層
- T1ms 鷹架層上部泥岩層中の凝灰岩

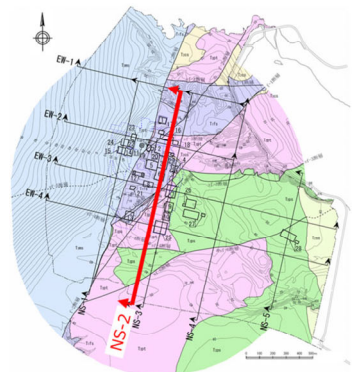
凡例

- T2ps 鷹架層中部層軽石混り砂岩層
- T2pt 鷹架層中部層軽石凝灰岩層
- T2cs 鷹架層中部層粗粒砂岩層
- T1fs 鷹架層下部層細粒砂岩層
- T1ms 鷹架層下部層泥岩層
- 鷹架層下部層泥岩層中の凝灰岩類
- 断層
- ボーリング孔
(破線は投影孔。最大で31.25m投影。)

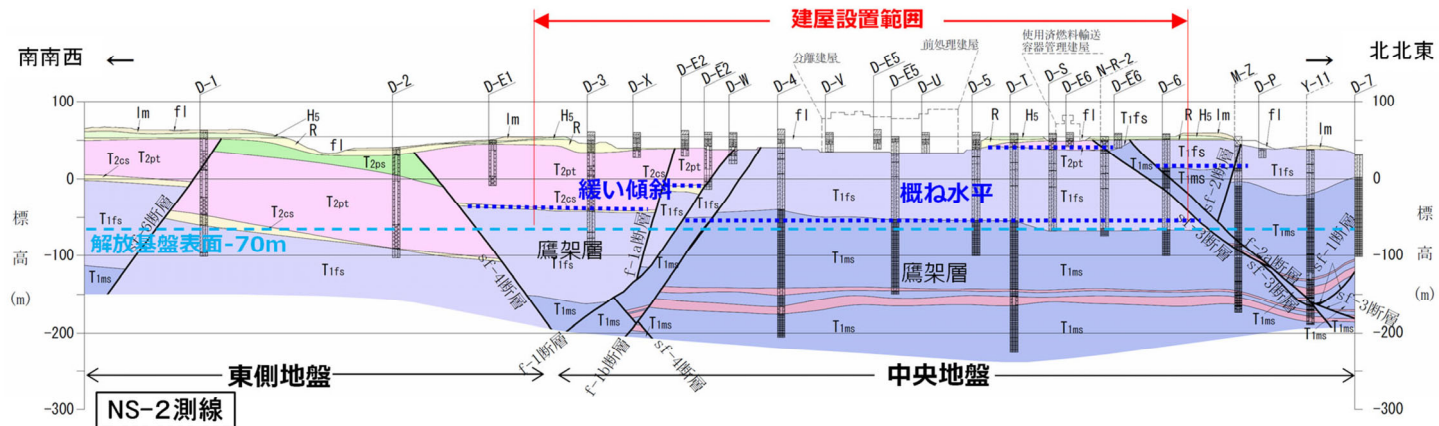
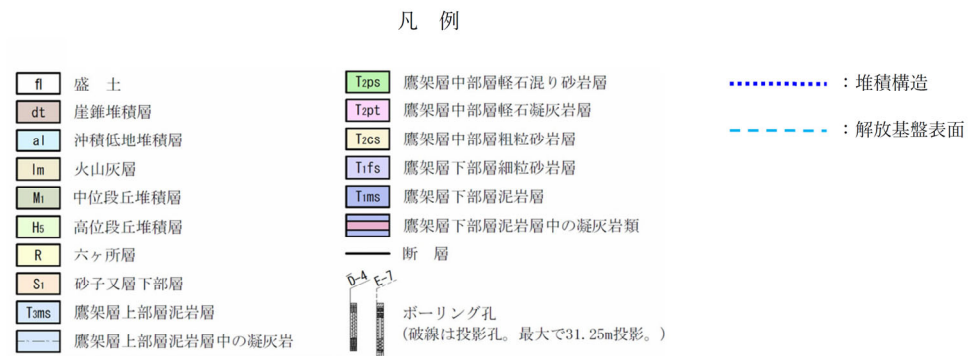
- : 堆積構造
- - - - : 解放基盤表面



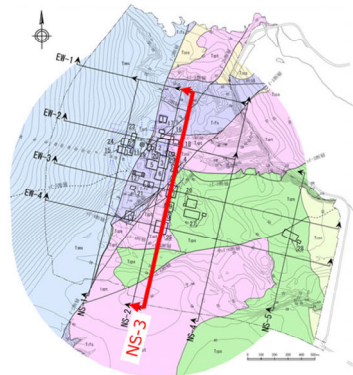
第 5.1.2-7 図 敷地の地質断面図 (南北断面 NS-1 測線)



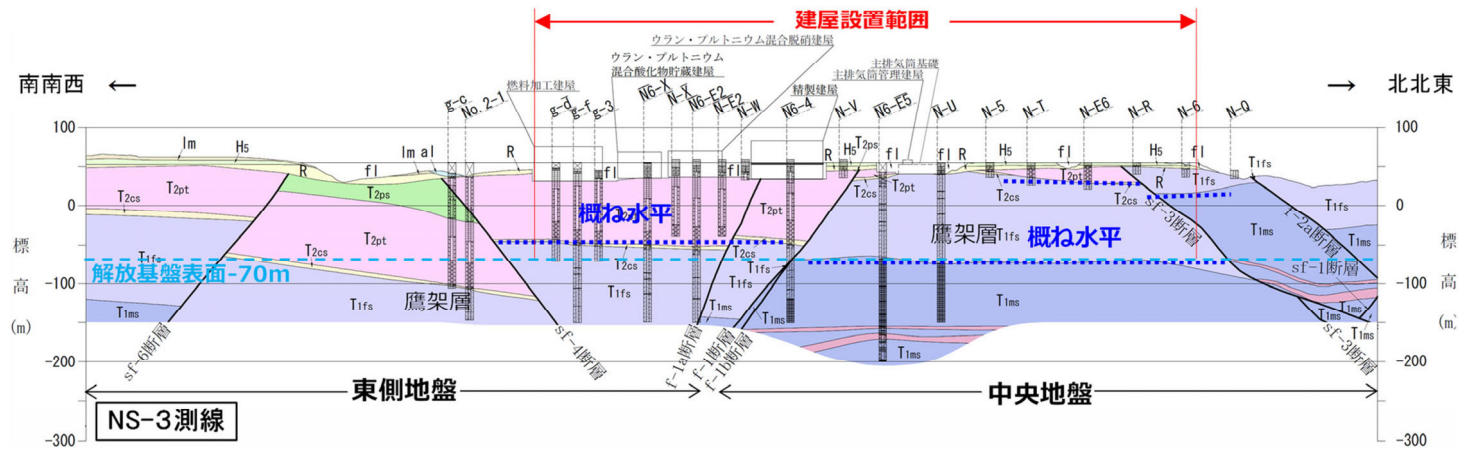
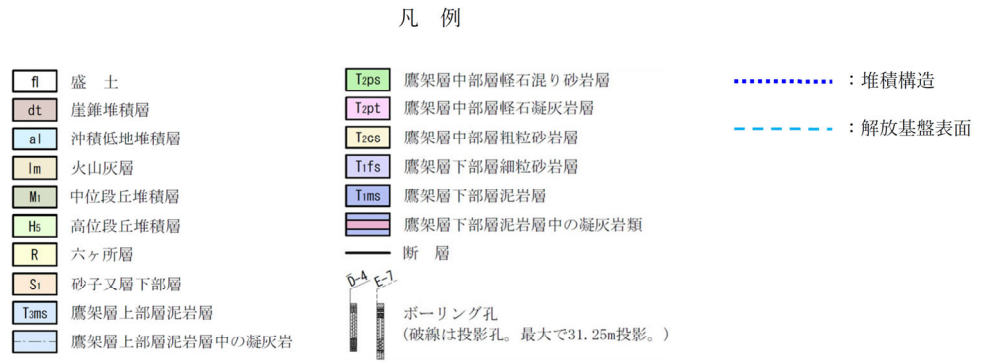
断面位置図



第 5.1.2-8 図 敷地の地質断面図 (南北断面 NS-2 測線)



断面位置図



第 5.1.2-9 図 敷地の地質断面図 (南北断面 NS-3 測線)

5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成

「5.1.1 地質学的に見た敷地近傍の地質構造」及び「5.1.2 地質学的に見た敷地内の地質構造」に示したとおり、当社敷地の地盤については、以下の特徴を有している。

- ・事業変更許可申請書において、基準地震動 S_s を定義する解放基盤表面は、T. M. S. L. -70m (G. L. -125m) に設定している。
- ・敷地の主たる岩盤である鷹架層は、建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面及び解放基盤表面以深に分布している
- ・地表面～建物・構築物の基礎底面において、建物の周辺は広範囲が掘削され、埋戻し工事が実施されたことにより、埋戻し土が広く分布している。

以上を踏まえ、当社敷地における地盤モデルは、地表面～建物・構築物の基礎底面の表層地盤、建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面の岩盤部分及び解放基盤表面以深の3つの深さについて、それぞれ設定を行う。

また、当社施設において耐震設計を行うにあたり、入力地震動は、基準地震動 S_s を建物・構築物の地震応答解析モデルにおける各入力点深さまで伝播させるモデルを用いて算定する。

- ・「JEAG4601-1987」に基づき、建物と地盤の相互作用を考慮したモデルとして、スウェー・ロッキングモデルを用いており、地盤ばねを介して入力地震動が地震応答解析モデルに入力される。
- ・基礎底面地盤ばねについては、設置する岩盤の剛性に応じたばね剛性を設定している。
- ・第2回設工認申請においては、周辺地盤による埋め込みを適切に考慮することとしており、側面地盤ばねを地下階の各床レベル相当深さに設定している。側面地盤ばねの剛性は、周辺の地盤の剛性に応じたばね剛性を設定している。

以上を踏まえ、入力地震動は、底面地盤ばねを設定する建物・構築物の基礎底面レベル及び側面地盤ばねを設定する建物・構築物の地下部の各床レベル相当深さにて算定する。

入力地震動は、JEAG1986-1987に基づき、一次元波動論により算定することとし、各深さでの上昇波(2E波)だけでなく、地表面～建物・構築物の基礎底面までの地盤を伝播する反射波も考慮して算定(E+F波)する。

なお、埋め込み深さが浅く、地下に層を有しない建物・構築物については、側面

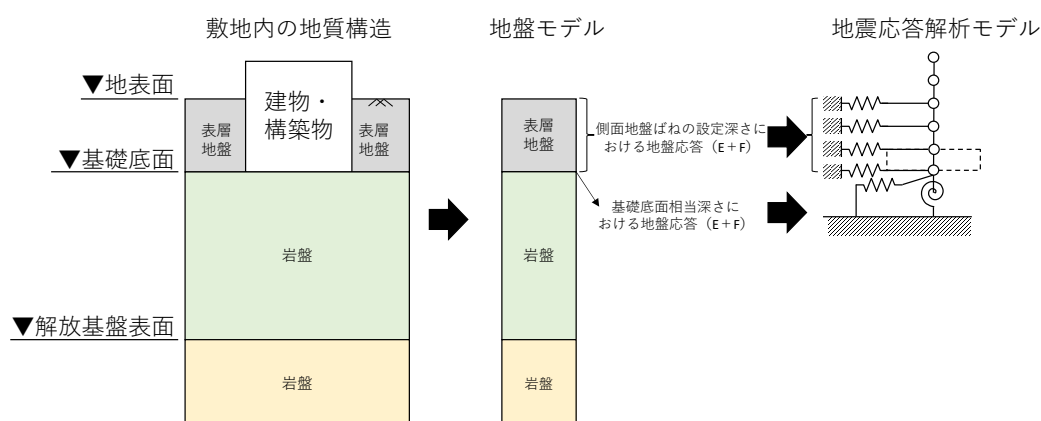
地盤との相互作用を見込めないことから側面地盤ばねは考慮せず，表層地盤における反射波の影響も小さいことから建物・構築物の基礎底面レベルにおける上昇波（2E波）を考慮する。

上記の地盤モデルの構成及び入力地震動の算定イメージを第 5.1.3-1 図に示す。

第 2 回設工認申請においては，広範囲に配置された多数の建物・構築物が申請対象となることから，隣接・近接する建物・構築物をグルーピングし，そのグループごとに地盤モデルを設定する。

当社敷地においては，「5.1.2 地質学的に見た敷地内の地質構造」に示したとおり，地質構造の違いによって，大局的に，中央，西側，東側の 3 つのエリアに分かれており，それぞれのエリアにおいて，複数の施設が隣接・近接して配置されている。

上記を踏まえ，第 2 回設工認申請におけるグルーピングにおいて，地盤の実態を考慮したパラメータを設定する上では，近接する建物グループ単位（全 12 グループ）で検討を行う。第 5.1.3-2 図において，第 2 回設工認申請における地盤モデルのグルーピング結果（全 12 グループ）をまとめて示す。



注記：屋外機械基礎等，埋め込み深さが浅く，地下に層を有しない建物・構築物については，側面地盤との相互作用を見込めないことから側面地盤ばねは考慮せず，表層地盤における反射波の影響も小さいことから建物・構築物の基礎底面レベルにおける上昇波（2E波）を考慮する。

第 5.1.3-1 図 敷地における地盤モデルの構成イメージ

5.2 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定の考え方

5.2.1 地盤モデルに設定するパラメータの整理

地盤の実態を考慮したパラメータの設定を行うにあたり、「5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成」に示したとおり、建物・構築物の入力地震動算定の考え方に基づき、一次元波動論により入力地震動を算定するために必要なパラメータの整理を行った。

一次元波動論による計算は、地盤の各境界面にて反射・屈折を繰り返すと、地震動は概ね鉛直入射に近い傾向を示すという地震動の特徴を踏まえ、地震動の鉛直入射を仮定し、深さ方向一次元の地盤モデルを設定して行う。

ここで、地盤の各境界面における反射及び屈折を正しく評価するために、地震波の地中伝播経路や、速度境界におけるインピーダンスに係るパラメータ、地震波が地中を伝播する際の散乱やエネルギー消費に伴う減衰を適切に設定する必要がある。また、評価の対象とする地震動の振幅が大きい場合においては、地盤のひずみレベルが大きくなると剛性が低下し、減衰は大きくなるという非線形性を鑑み、この影響が地盤の応答に及ぼす影響を適切に評価する必要がある。

上記解析の特徴を踏まえ、一次元波動論による計算に用いる地盤モデルに設定するパラメータを第5.2.1-1表に示す。また、各パラメータの入力地震動の算定結果への寄与についてもあわせて示す。

第5.2.1-1表に示すとおり、地盤モデルに設定するパラメータとしては、入力地震動の算定結果に直接寄与するものとして、物性値等（層厚、S波速度、P波速度、単位体積重量）、減衰定数及び剛性の非線形性の3つのパラメータがあげられる。これらの3つのパラメータについては、「5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成」に示した地盤モデルの構成を踏まえ、地表面～建物・構築物の基礎底面の表層地盤、建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面の岩盤部分及び解放基盤表面以深の3つの深さに対してそれぞれ整理を行う。

第 5.2.1-1 表 地盤モデルに考慮するパラメータ

	パラメータ	記号	入力地震動の算定結果への寄与	
入力地震動の算定結果に直接寄与するパラメータ	物性値等	層厚	—	各速度層の厚さによる地震波の地中伝播経路の設定が、主に地盤の固有周期及び入力地震動の周波数特性に寄与。
		S 波速度	V_s (m/s)	速度境界におけるインピーダンスが、水平成分の入力地震動の周波数特性及び増幅特性に寄与。
		P 波速度	V_p (m/s)	速度境界におけるインピーダンスが、鉛直成分の入力地震動の周波数特性及び増幅特性に寄与。
		単位体積重量	γ_t^* (kN/m ³)	一次元波動論に基づく計算に用いる地盤の剛性 ($G_0 = \rho V_s^2$) に寄与。
	剛性の非線形性	$G/G_0 - \gamma$	地震動による地盤のひずみ量に応じた剛性の低下に伴い、上記 V_s, V_p, G_0 及び h の値の変動による入力地震動の周波数特性、増幅特性及び減衰に寄与。	
	減衰定数	h $h - \gamma$	地盤中を伝播する地震動の減衰（波動 1 周期ごとの振幅の低下率）に寄与。 地震動による地盤のひずみ量に応じた h の値の変動に寄与。	
上記パラメータから算定するパラメータ	初期せん断弾性係数	G_0 (kN/m ²)	地盤モデルの層ごとに設定した V_s 及び γ から求められる値であり、一次元波動論に基づく計算に用いる地盤の剛性 ($G_0 = \rho V_s^2$) を算出する際に用いる。	
	ポアソン比	ν	地盤モデルの層ごとに設定した V_s 及び V_p から求められる値であり、非線形性を考慮した収束剛性から V_p を算出する際に用いる。	

注記 *： $\gamma_t = g \times \rho$ (g は重力加速度)

5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理

「5.2.1 地盤モデルに設定するパラメータの整理」に示す，入力地震動の算定結果に直接寄与するパラメータの整理結果に基づき，地表面～建物・構築物の基礎底面の表層地盤，建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面の岩盤部分及び解放基盤表面以深の 3 つの深さに対し，以下に示す既認可以降における状態変化①～③を踏まえた上で，確認する必要がある事項について整理を行った。また，状態変化を踏まえた確認事項に対する地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方を整理した。第 5.2.2-1 表～第 5.2.2-3 表に上記の整理結果を示す。

既認可以降における状態変化

- ①新規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性
- ②新施設の設置に伴う設計や既施設の設計条件変更
- ③既認可以降の新たな調査結果（PS 検層結果，地震観測記録）

第 5.2.2-1 表 状態変化を踏まえた確認事項及び地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方（地表面～建物・構築物の基礎底面（表層地盤））

地盤の各深さ	地盤モデルの設定パラメータ	既認可時*1の地盤モデルにおける設定の考え方	既認可以降における状態変化			状態変化を踏まえた確認事項	地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方
			状態変化の項目*2	具体的な状態変化の内容	入力地震動算定に与える影響		
地表面～建物・構築物の基礎底面（表層地盤）	物性値等	実際に埋め込まれているものの、埋込非考慮の条件とした。（表層地盤の設定なし）	②新施設の設置に伴う設計や既設施設の設計条件変更	第2回設工認申請において、建物・構築物の地震応答解析モデルに埋込みを考慮した。	表層地盤を地盤モデルに考慮する場合、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	施設の埋め込み状況を踏まえ、表層地盤の物性値等を設定する必要がある。 実際に埋め込まれている建物については、埋込みを考慮する必要がある。	実際に埋め込まれている建物については、既認可からの設計条件の変更として埋め込みを考慮することとし、埋め込み状況を踏まえ、敷地内で得られているボーリング調査結果等に基づく物性値等の根拠を整理した上で設定する。
	剛性の非線形性	同上	①新規規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の剛性低下が生じることで、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	表層地盤の剛性の非線形性を考慮する必要がある。	表層地盤は岩盤よりも剛性が小さく、基準地震動 S_s に対する地盤のひずみによる影響が無視できないと判断し、剛性の非線形性を考慮する。
	減衰定数	同上	①新規規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の減衰定数が変化することで、入力地震動の増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	表層地盤の減衰定数の非線形性を考慮する必要がある。	表層地盤は岩盤よりも剛性が小さく、基準地震動 S_s に対する地盤のひずみによる影響が無視できないと判断し、減衰定数の非線形性を考慮する。

注記 *1：新規規制基準施工前の設計及び工事の方法の認可申請書

*2：「5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理」に示した既認可以降における状態変化①～③と対応。

第 5.2.2-2 表 状態変化を踏まえた確認事項及び地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方（建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面（岩盤部分））

地盤の各深さ	地盤モデルの設定パラメータ	既認可時 ^{*1} の地盤モデルにおける設定の考え方	既認可以降における状態変化			状態変化を踏まえた確認事項	地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方
			状態変化の項目*	具体的な状態変化の内容	入力地震動算定に与える影響		
建物・構築物の基礎底面～解放基盤表面（岩盤部分）	物性値等	敷地内を中央地盤、西側地盤、東側地盤の3つのエリアに区分し、エリア単位の平均的な物性値を設定した。	②新設施設の設置に伴う設計や既設施設の設計条件変更	既認可時点の地盤モデル設定に用いているデータが無い位置に新設施設が設置されている。	新設施設の設置位置のデータによっては、物性値等の設定結果が変わり、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	新設施設の設置位置を踏まえ、岩盤部分の物性値等を設定する必要がある。	近接する建物・構築物のグループごとに、直下又は近傍のデータに基づく物性値を設定する。
			③既認可以降の新たな調査結果（PS 検層結果、地震観測記録）	既認可以降に新たな調査結果が得られている。	既認可時のデータと傾向が異なる場合、物性値等の設定結果が変わり、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	既認可以降に得られた新たな調査結果を用いて物性値等を設定する必要がある。	
	剛性の非線形性	岩盤部分の剛性については、線形条件とした。	①新規規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の剛性低下が生じることで、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	岩盤部分の剛性の非線形性を考慮する必要がある。	岩盤部分の剛性の非線形性を考慮する。
	減衰定数	岩盤部分の減衰定数については、設計上考慮する地震動レベルに応じ、基準地震動 S1 に対しては 2%、基準地震動 S2 に対しては 3%と設定した。	①新規規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の減衰定数が変化することで、入力地震動の増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	岩盤部分の減衰定数の非線形性を考慮する必要がある。	材料減衰と散乱減衰を含んだ減衰定数として、地震観測記録等に基づく評価を行った上で、岩盤部分の減衰定数を設定する。
			③既認可以降の新たな調査結果（PS 検層結果、地震観測記録）	既認可以降に新たな地震観測記録のデータが得られている。	設定する減衰定数の値に応じて、入力地震動増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	既認可以降に得られた地震観測記録のデータを用いた検討を行い、減衰定数を設定する必要がある。	

注記 *：「5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理」に示した既認可以降における状態変化①～③と対応。

第 5. 2. 2-3 表 状態変化を踏まえた確認事項及び地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方（解放基盤表面以深）

地盤の各深さ	地盤モデルの設定パラメータ	既認可時*1の地盤モデルにおける設定の考え方	既認可以降における状態変化			状態変化を踏まえた確認事項	地盤の実態を考慮したパラメータ設定の考え方	
			既認可以降における状態変化の項目*	具体的な状態変化の内容	入力地震動算定に与える影響			
解放基盤表面以深 (岩盤部分)	物性値等	敷地内を中央地盤、西側地盤、東側地盤の3つのエリアに区分し、エリア単位の平均的な物性値を設定した。	②新施設の設置に伴う設計や既施設の設計条件変更	既認可時点の地盤モデル設定に用いているデータが無い位置に新施設が設置されている。	新施設の設置位置のデータによっては、物性値等の設定結果が変わり、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	新施設の設置位置を踏まえ、岩盤部分の物性値等を設定する必要がある。	一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの物性値が連続する設定とする。	
			③既認可以降の新たな調査結果（PS 検層結果，地震観測記録）	既認可以降に新たな調査結果が得られている。	既認可時のデータと傾向が異なる場合、物性値等の設定結果が変わり、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。			既認可以降に得られた新たな調査結果を用いて物性値等を設定する必要がある。
	剛性の非線形性	解放基盤表面以深の剛性については、線形条件とした。	①新規基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の剛性低下が生じることで、入力地震動の周期特性や増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	岩盤部分の剛性の非線形性を考慮する必要がある。		一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されること、また、実際の地盤では岩盤部分の剛性よりも更に硬いことから、線形条件とする。
	減衰定数	岩盤部分の減衰定数については、地盤のひずみに依らず一定値を設定した。 解放基盤以深の減衰定数については、設計上考慮する地震動レベルに応じ、基準地震動 S1 に対しては 2%、基準地震動 S2 に対しては 3%と設定した。	①新規基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性	基準地震動が大きくなった。	地盤が非線形化し、地盤の減衰定数が変化することで、入力地震動の増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	岩盤部分の減衰定数の非線形性を考慮する必要がある。		
			③既認可以降の新たな調査結果（PS 検層結果，地震観測記録）	既認可以降に新たな地震観測記録のデータが得られている。	設定する減衰定数の値に応じて、入力地震動増幅傾向に影響を及ぼす可能性がある。	既認可以降に得られた地震観測記録のデータを用いた検討を行い、減衰定数を設定する必要がある。		一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの減衰定数及び非線形性に対する考え方が連続する設定とする。

注記 * : 「5. 2. 2 地盤モデル設定の考え方の整理」に示した既認可以降における状態変化①～③と対応。

5.3 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法

5.3.1 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定方法の整理

「5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理」に示す第 5.2.2-1 表～第 5.2.2-3 表において整理した「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定の考え方を踏まえ、第 2 回設工認申請におけるパラメータ設定方法について整理を行った。上記の整理結果を第 5.3.1-1 表に示す。

第 5.3.1-1 表 地盤の実態を考慮したパラメータ設定方法

地盤の各深さ	地盤モデルの 設定パラメータ	地盤の実態を考慮したパラメータの 設定の考え方*1	パラメータ設定方法*2
地表面 ～建物・構築物の基礎 底面 (表層地盤)	物性値等	実際に埋め込まれている建物については、埋め込み状況を踏まえ、敷地内で得られているボーリング調査結果等に基づく物性値等の根拠を整理した上で設定する。	既認可からの変更点として埋め込み状況を踏まえたデータに基づき設定する。 【別紙 2-4】
	剛性の非線形性	表層地盤は岩盤よりも剛性が小さく、基準地震動 S_s に対する地盤のひずみによる影響が無視できないと判断し、剛性の非線形性を考慮する。	表層地盤に対し、剛性の非線形性を考慮する。
	減衰定数	表層地盤は岩盤よりも剛性が小さく、基準地震動 S_s に対する地盤のひずみによる影響が無視できないと判断し、減衰定数の非線形性を考慮する。	表層地盤に対し、減衰定数の非線形性を考慮する。
建物・構築物の基礎 底面 ～解放基盤表面 (岩盤部分)	物性値等	近接する建物・構築物のグループごとに、直下又は近傍のデータに基づく物性値を設定する。	近接する建物グループごとに得られているデータに基づき設定する。 【別紙 2-1】
	剛性の非線形性	岩盤部分の剛性の非線形性を考慮する。	岩盤部分に対し、剛性の非線形性を考慮する。ただし、「基本地盤モデル」における設計上の設定を行うにあたり、非線形時と線形時の入力地震動の算定結果への影響の有無について確認を実施 【別紙 2-2】
	減衰定数	材料減衰と散乱減衰を含んだ減衰定数として、地震観測記録等に基づく評価を行った上で、岩盤部分の減衰定数を設定する。	敷地における地震観測記録や各種調査データに基づく材料減衰と散乱減衰を考慮した減衰定数を設定する。 【別紙 2-3】
解放基盤表面 以深	物性値等	一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの物性値が連続する設定とする。	解放基盤表面以深に対し、解放基盤表面レベルの物性値を設定する。
	剛性の非線形性	一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されること、また、実際の地盤では岩盤部分の剛性よりも更に硬いことから、線形条件とする。	解放基盤表面以深に対し、剛性は線形条件とする。
	減衰定数	一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの減衰定数が連続する設定とする。	解放基盤表面以深に対し、解放基盤表面レベルの減衰定数を設定する。

注記 *1:「5.2.2 地盤モデル設定の考え方の整理」における第 5.2.2-1 表～第 5.2.2-3 表より引用

*2:【 】は当該パラメータの設定方法の説明の記載箇所を示す。

5.3.2 調査データ等の整理を行う因子の抽出

第2回設工認申請においては、第5.3.1-1表に示す地盤の実態を考慮したパラメータの設定方法に従い、パラメータ設定を行う。なお、パラメータ設定を行うにあたり、敷地において得られている調査データ等の整理をした上で設定する必要があるものとして、以下の4つの因子を抽出した。

調査データ等の整理にあたっては、JEAG4601-1987に示される手法及び他サイトにおける審査実績の内容を踏まえ、一般的・標準的な設定手法の整理を行う。また、上記の一般的・標準的な設定手法に基づく、各因子に対する検討を行い、地盤の実態を考慮したパラメータを設定する。

- ・岩盤部分の物性値等の設定
- ・岩盤部分の剛性の非線形性の設定
- ・岩盤部分の減衰定数の設定
- ・表層地盤の物性値等の設定

上記の4因子それぞれにおける地盤の実態を考慮したパラメータの設定方法及び結果については、(1)～(4)にその概要を示し、設定にあたって用いたデータ、検討の内容及び設定結果に対する考察については、以下の資料それぞれにおいて、その詳細を示す。

- ・「別紙2-1 岩盤部分の物性値等の設定について」
- ・「別紙2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」
- ・「別紙2-3 岩盤部分の減衰定数に係る検討について」
- ・「別紙2-4 表層地盤の物性値等に係る検討について」

5.3.3 各因子における調査データ等の整理結果

(1) 岩盤部分の物性値等の設定

a. 設定手法の整理及び設定方法

岩盤部分の物性値等の設定において、一般的・標準的な手法として、JEAG4601-1987 における記載内容及び他サイトの新規制基準における審査実績の整理を行った。JEAG4601-1987 における記載は以下のとおりである。

- ・動的解析用の地盤の弾性係数については、地盤の地震時の振動性状を最も的確に評価し得る試験法として弾性波試験が挙げられる。(中略)ここで言う弾性波試験は、PS 検層、横坑内弾性波、坑間弾性波などである。
- ・動的解析用の弾性係数を求めるための試験法として、地震時の波動伝播の現象に近い試験方法である弾性波試験が最もふさわしいと結論されよう。
- ・弾性波試験結果そのものが持つバラツキが、地層全体の振動特性の評価に及ぼす影響は小さく、その平均値をもって評価することで実用上十分であると考えられる。
- ・弾性波試験（特に PS 検層などにより求められた深度方向の速度層序）で地盤の成層性が確認された場合について述べる。成層地盤に対して動的解析を行う場合、地盤の成層性を考慮した解析モデルや解析手法を用いる際には、地盤の弾性係数は前項までに述べた方法による値をそのまま適用できる。

JEAG4601-1987 「5.2.2 地盤及び構築物の物性値評価 (1)地盤の物性値」より引用

また、地下構造の特徴として軟岩を主体としているサイト（東海第二及び柏崎刈羽 6,7 号）においては、地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデルとして、PS 検層結果に基づく、地層ごとのせん断波速度 V_s と粗密波速度 V_p を設定している。

上記の JEAG4601-1987、審査ガイドの整理内容及び他サイトの実績を踏まえ、第 2 回設工認申請における岩盤部分の物性値の設定については、「5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成」に示した、近接する建物グループ単位において、敷地内で得られた PS 検層結果を用いて設定する。

なお、建物・構築物直下の MMR については、岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定する。

b. 設定結果

上記の方法に基づき、第2回設工認申請における岩盤部分の物性値等の設定においては、それぞれの建物グループ単位（全12グループ）において、直下又は近傍のPS検層結果に基づく物性値を設定した。岩盤部分の物性値等の設定結果について、AA周辺グループにおける設定結果を第5.3.3-1表に示す。その他のグループにおける設定結果は「別紙2-1 岩盤部分の物性値等の設定について」に示す。

第5.3.3-1表 岩盤部分の物性値等の設定結果（AA周辺）

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)
▽A1基礎底面 40.50				
▽AB基礎底面 34.39	細粒砂岩	18.2	740	1930
▽AA基礎底面 33.20				
▽KA基礎底面 30.03				
23.00				
9.00		18.4	810	1960
-49.00		18.0	830	1960
▽解放基礎表面 -70.00	泥岩（下部層）	17.5	820	1940
	—	17.5	820	1940

(2) 岩盤部分の剛性の非線形性の設定

a. 設定手法の整理及び設定方法

岩盤部分の剛性の非線形性の設定において、一般的・標準的な手法として、JEAG4601-1987 及び基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドの記載内容及び他サイトの新規制基準における審査実績の整理を行った。JEAG4601-1987 及び審査ガイドにおける記載は以下のとおりである。

- ・ 地盤には、ひずみレベルが大きくなると剛性が低下するという非線形性がある。
- ・ 岩盤中の地震時の剛性低下については以下のように1次元波動理論などにより検討する方法がある。(略) 図5.2.2-12に示すような非線形特性を仮定し、1次元波動理論により解析する。

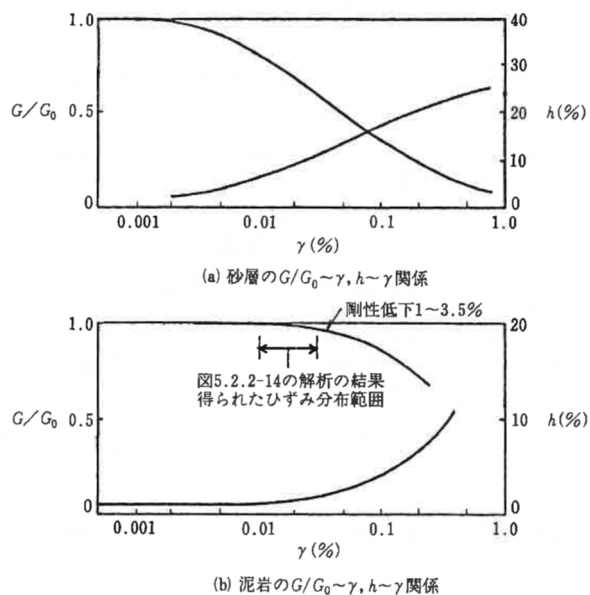


図5.2.2-12 地盤の $G/G_0 \sim \gamma, h \sim \gamma$ 関係^(5.2.2-4)

JEAG4601-1987 「5.2.2 地盤及び構築物の物性値評価 (1)地盤の物性値」より引用

7.2.2 入力地震動の評価

- (2) 入力地震動の評価において、建物・構築物と地盤の相互作用、埋込効果及び周辺地盤の非線形等が必要に応じて考慮されていることを確認する。

基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドより引用

また、他サイトの実績として、地下構造の特徴として軟岩を主体としているサイト（東海第二及び柏崎刈羽 6, 7 号）においては、岩盤部分に対し、剛性の非線形性を考慮して入力地震動を算定している。

上記の JEAG4601-1987, 審査ガイドの整理内容及び他サイトの実績を踏まえると、岩盤部分の剛性の非線形性として、岩盤種別ごとに得られたデータに基づき、三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ 曲線）を考慮することが一般的・標準的な設定手法であると考えられる。

b. 設定結果

第 2 回設工認申請については、上記の一般的・標準的な設定手法のとおり、岩盤種別ごとにひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ 曲線）を設定した。

なお、岩盤部分の剛性の非線形性に対して、「基本地盤モデル」における設計上の設定を行うにあたり、非線形条件と線形条件の入力地震動を算定し、岩盤部分の剛性低下が入力地震動に及ぼす影響を確認した。

「別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すとおり、非線形条件と線形条件の入力地震動の比較の結果、以下の傾向を確認した。

- ・ 建物・構築物の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、両者の応答について、周期特性に顕著な差がなく、建物の 1 次周期において同程度の応答となっていることから岩盤部分の剛性低下が入力地震動に及ぼす影響が小さいことを確認。
- ・ 建物・構築物の基礎底面地盤ばねの比較の結果、底面地盤ばねの剛性への影響が小さいことから、岩盤部分の剛性低下が底面地盤ばねに及ぼす影響が小さいことを確認。

(3) 岩盤部分の減衰定数の設定

a. 設定手法の整理及び設定方法

岩盤部分の減衰定数の設定において、一般的・標準的な手法として、JEAG4601-1987 における記載内容及び他サイトの新規制基準における審査実績の整理を行った。JEAG4601-1987 における記載は以下のとおりである。

(1) 高圧動的 3 軸圧縮試験

本試験は、高圧繰り返し 3 軸圧縮試験機を用いて高拘束圧領域（10～200kgf/cm²）におけるせん断弾性係数 G と減衰定数 h のひずみ依存性を把握することを目的としている。

(2) S 波検層

地震計埋設用のボーリング孔において実施した S 波検層の記録波形のうち直達波と判断される部分の振幅の変化率を振動数ごとに求め、一方、地盤のモデルから求めた減衰量（幾何学的な波面の拡散によるもの及び境界面での反射によるもの）を計算し、これを差し引いた残差を地盤の内部減衰によるものとして減衰評価を行った。

(3) 地震観測

地震動波形を R T 変換し伝播方向に直行する水平成分を S H 波と考え、直達波と判断される部分を取り出し、応答波の入力波に対する比から減衰評価を行っている。

JEAG4601-1987 「5.2.2 地盤及び構築物の物性値評価 (1)地盤の物性値」より引用

JEAG4601-1987 の整理結果を踏まえると、岩盤部分の減衰定数の設定における一般的・標準的な設定手法として、JEAG4601-1987 に示される 3 手法を用い、敷地において得られた各種調査データ等に基づき評価を行い、地盤の実態を表現することのできる減衰定数を設定する。また、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を行い、地震観測記録との整合を確認することで、上記にて設定した減衰定数として、地盤の実態を考慮した値が評価されているか確認する。

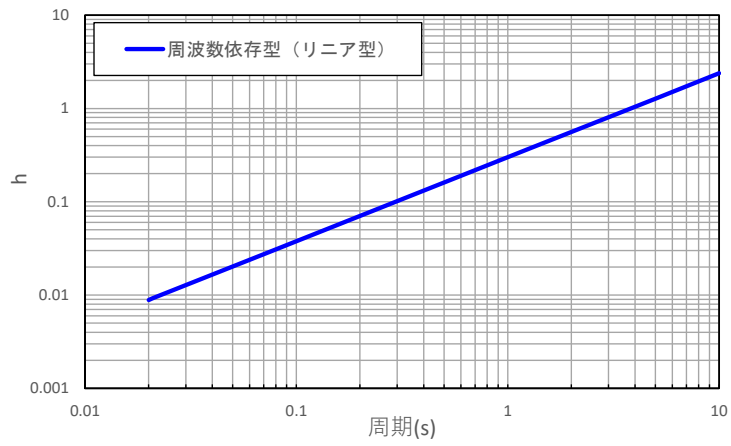
なお、上記 3 手法に関する具体的な評価方法については、他サイトにおいて審査実績のある手法も参照して選定する。

b. 設定結果

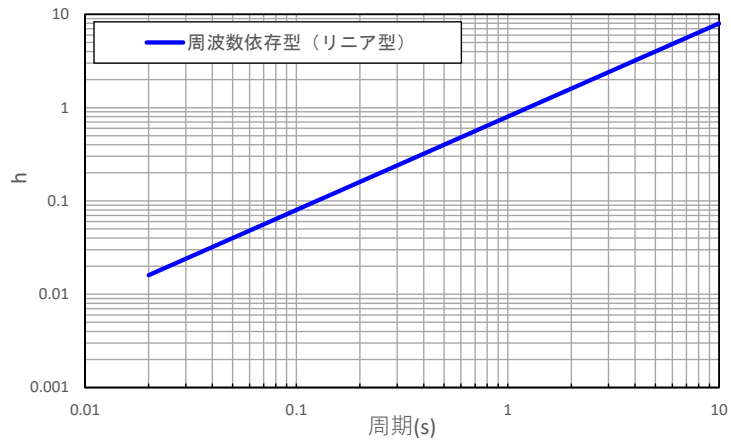
上記の方法に基づき、第 2 回設工認申請における岩盤部分の減衰定数の設定において、JEAG4601-1987 に示される 3 手法について評価を行い、以下の傾向を確認した。

- ・敷地内のボーリング調査位置における S 波検層結果によれば、岩盤部分における減衰定数には周波数依存性を有しているが、既往知見において認められる減衰定数が高振動数側で一定になる傾向（バイリニア型）は明確に見受けられない。
- ・伝達関数による評価において同定した減衰定数について、リニア型とバイリニア型による減衰定数の差は、敷地における地震観測記録の深さ方向の伝達関数及びシミュレーション解析結果に対して有意な差を与えないことを確認した。
- ・同定した速度構造及び減衰定数による伝達関数及びシミュレーション結果は、中央地盤においては地震観測記録を良く説明する結果が得られていると考えられることから、減衰定数としては地盤の実態を考慮した値が評価された結果が得られていると考えられる。

西側地盤及び東側地盤については、一部周期帯における同定結果に課題が残るため、追加検討を実施した上で、地盤の実態を考慮したパラメータを設定する。



第 5.3.3-1 図 地盤の実態を考慮した減衰定数 (中央地盤, 水平)



第 5.3.3-2 図 地盤の実態を考慮した減衰定数 (中央地盤, 鉛直)

(4) 表層地盤の物性値等の設定

a. 設定手法の整理及び設定方法

表層地盤の物性値等の設定における一般的・標準的な手法として、JEAG4601-1987 の記載内容及び他サイトの新規制基準における審査実績の整理を行った。の整理を行った。JEAG4601-1987 における記載は以下のとおりである。

【詳細設計段階】

- ・目的：必要に応じて埋戻地盤の動的な特性を調べ、構造物の地震応答解析に資す。
- ・留意点：弾性波速度試験により、実際に埋戻された地盤の物性を調べ、解析に用いた物性値の妥当性を検討する場合がある。

JEAG4601-1987 「3.4 調査・試験計画の例 ⑦埋戻し地盤」より引用

また、地下構造の特徴として軟岩を主体としているサイト（東海第二及び柏崎刈羽 6, 7 号）においては、地震応答解析に用いる地盤の速度構造モデルとして、PS 検層結果に基づく、地層ごとのせん断波速度 V_s と粗密波速度 V_p を設定している。

上記の JEAG4601-1987、審査ガイドの整理内容及び他サイトの実績を踏まえ、第 2 回設工認申請における表層地盤の物性値等の設定については、岩盤部分の物性値と同様に、敷地内で得られた PS 検層結果を用いて設定する。

また、上記 JEAG4601-1987 における記載にあるとおり、実際に埋め戻された地盤としての物性値を把握するために、人工材料である地盤については、その施工プロセスや地盤材料の特徴に基づき設定する。

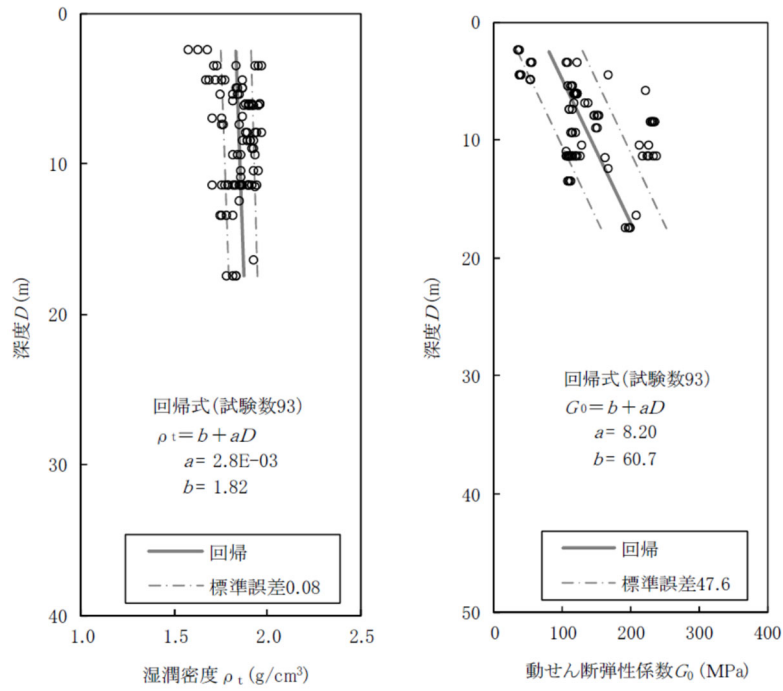
セメント添加のない埋戻し土は、上載圧に起因する深度依存性の有無等を確認した上で、物性値の設定を行う。

b. 設定結果

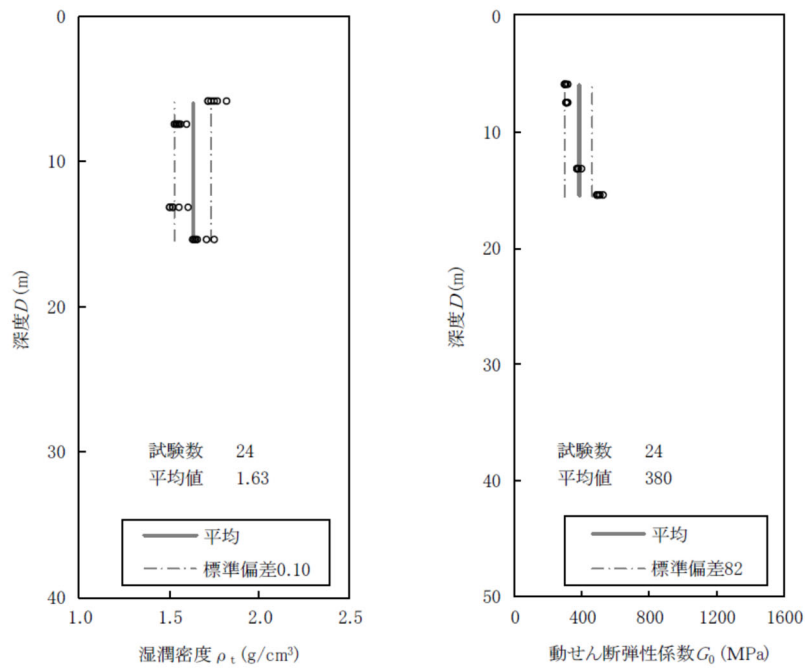
上記の方法に基づき、第 2 回設工認申請における表層地盤の物性値等の設定において、建物・構築物周辺に分布する地盤として、人工材料である埋戻し土及び流動化処理土について、ボーリング調査結果を踏まえ、動的な特性の整理を実施した上で、表層地盤の物性値等の設定を行った。

第 2 回設工認申請における表層地盤の物性値等の設定結果の詳細を「別紙 2-4 表層地盤の物性値等の設定について」に示す。

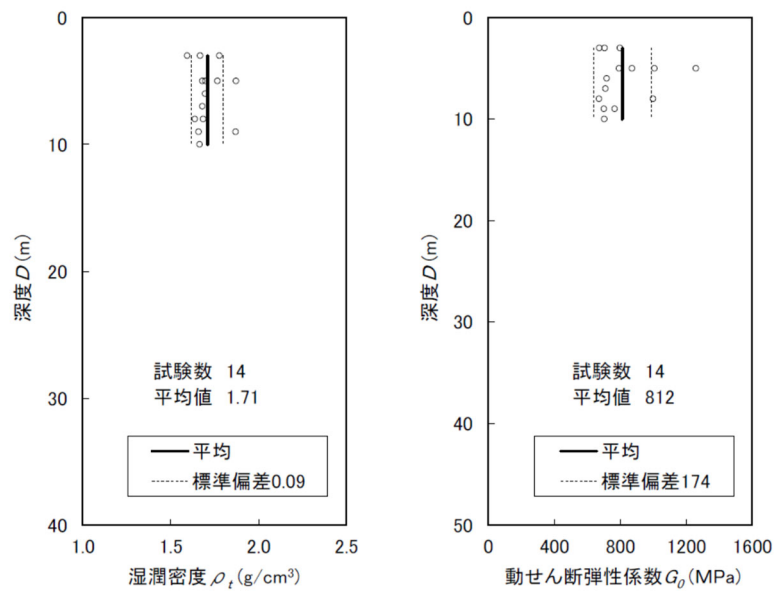
第 2 回設工認申請の地盤の実態を考慮したパラメータにおいては、表層地盤の物性値等の設定として、埋戻し土については、一定の品質管理の下で均質性を目標として施工されていることから、拘束圧の影響による深度依存性を考慮した全エリアのボーリング孔から得られているデータに基づく物性値を設定した。埋戻し土の物性値の設定結果を第 5.3.3-3 図に示す。流動化処理土については、一定の品質管理の下で均質性を目標として施工されており、セメント添加による人工材料であることから、深度依存性を考慮しない平均値を品質管理指標の異なるグループごとに設定した。流動化処理土の物性値の設定結果を第 5.3.3-4 図及び第 5.3.3-5 図に示す。



第 5.3.3-3 図 埋戻し土の物性値



第 5.3.3-4 図 流動化処理土（第 1 グループ）の物性値



第 5.3.3-5 図 流動化処理土（第 2 グループ）の物性値

5.4 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果

「5.3 地盤の実態を考慮したパラメータの設定方法」を踏まえ、第2回設工認申請における地盤の実態を考慮したパラメータの設定結果を整理した。整理結果を第5.4-1表に示す。

第 5.4-1 表 地盤の実態を考慮したパラメータ設定結果

地盤の各深さ	地盤モデルの 設定パラメータ	地盤の実態を考慮したパラメータ設定結果
地表面 ～建物・構築 物の基礎底面 (表層地盤)	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土については、一定の品質管理の下で均質性を目標として施工されていることから、拘束圧の影響による深度依存性を考慮した全エリアのボーリング孔から得られているデータに基づく物性値を設定。 流動化処理土については、一定の品質管理の下で均質性を目標として施工されており、セメント点かによる人工材料であることから、深度依存性を考慮しない平均値を品質管理指標の異なるグループごとに設定。 (継続検討中)
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 剛性の非線形性としてひずみ依存特性 ($G/G_0 - \gamma$ 曲線) を設定
	減衰定数	<ul style="list-style-type: none"> 減衰定数の非線形性としてひずみ依存特性 ($h - \gamma$ 曲線) を設定
建物・構築物 の基礎底面 ～解放基盤表 面 (岩盤部分)	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> 近接する建物グループ (12 グループ) それぞれにおいて、建物・構築物の直下又は近傍において得られているデータを用いて物性値を設定。
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤部分の剛性に対し非線形性を考慮し、ひずみ依存特性 ($G/G_0 - \gamma$ 曲線) を設定。ただし、「別紙 2-3 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すとおり、S_s 地震時の非線形性による入力地震動の算定結果に影響を及ぼさないことを確認。
	減衰定数	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">検討中</div>
解放基盤表面 以深	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの物性値が連続するよう設定
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されること、また、実際の地盤では岩盤部分の剛性よりも更に硬いことから、線形条件を設定。
	減衰定数	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの減衰定数及び非線形性に対する考え方が連続するよう設定

5.5 第2回設工認申請における「基本地盤モデル」の設定

「5.4 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果」に示した「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果に対し、耐震設計において入力地震動を設定する上で保守性及び合理性を考慮した上で第2回設工認申請において、建物・構築物の入力地震動の算定に用いる「基本地盤モデル」を設定する。

なお、以上のとおり設定した「基本地盤モデル」について、より信頼性を向上させる目的で、以下の追加調査を実施する。

- ・ 第2回設工認申請における岩盤部分の減衰定数の設定に対しては、「別紙 2-3 岩盤部分の減衰定数に係る検討について」に示すとおり、今後、S波検層並びに岩石コア試験データを追加取得し、今回設定する値について、信頼性を向上させる。
- ・ 第2回設工認申請における表層地盤の物性値等の設定に対しては、「別紙 2-4 表層地盤の物性値等に係る検討について」に示すとおり、今後、ボーリング調査データを追加取得し、今回設定した値について、信頼性を向上させる。

5.5.1 「基本地盤モデル」の設定方針

第2回設工認申請対象施設については、「5.4 「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果」を用いて「基本地盤モデル」を設定する。

ただし、岩盤部分の剛性の非線形性については、「地盤の実態を考慮したパラメータ」の設定結果としては、ひずみ依存特性を考慮するとしているものの、「基本地盤モデル」の設定においては、「別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すとおり、基準地震動 S_s に対して、剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響が無いことを確認していることから、線形条件として扱う。

第2回設工認申請の基本地盤モデルにおける減衰定数の設定方針 については追而
--

5.5.2 地盤物性のばらつきの設定

第2回設工認申請においては、「基本地盤モデル」の速度構造に対してばらつきを考慮し、各建物・構築物の地震応答計算書における地盤物性のばらつきケースとして設定する。地盤物性のばらつきの設定は「基本地盤モデル」の設定に用いた各PS 検層データに対し、類似のデータを集約できないかの検討を行った上でその母集団での $\pm 1\sigma$ のばらつきを設定することを基本とする。

具体的な設定方法については追而

5.5.3 基本地盤モデルの設定結果

第 2 回設工認申請において各グループにおいて設定した基本地盤モデルを第 5.5.3-1 表に示す。また、各グループに属する建物・構築物の一覧を第 5.5.3-2 表に示す。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (1/6)

(a) AA 周辺グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面 55.00						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面 *2						
岩盤 23.00	細粒砂岩	18.2	740	1930	非考慮 (線形条件)	検討中
9.00		18.4	810	1960		
-49.00		18.0	830	1960		
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩 (下部層)	17.5	820	1940		
	—	17.5	820	1940		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(b) F 施設周辺グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面 55.00						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面 *2						
岩盤 23.00	細粒砂岩	18.5	760	1900	非考慮 (線形条件)	検討中
-53.00		18.0	800	1950		
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩 (下部層)	17.3	810	1950		
	—	17.3	810	1950		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (2/6)

(c) AE グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
55.00	表層地盤					
	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
*2						
-16.63	細粒砂岩	17.9	790	1900	非考慮 (線形条件)	検討中
	泥岩 (下部層)	17.2	790	1900		
-58.90	細粒砂岩	18.2	790	1900		
-60.02	泥岩 (下部層)	16.7	790	1900		
-61.46	細粒砂岩	18.4	930	2100		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	18.4	930	2100		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(d) AG グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
55.00	表層地盤					
	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
*2						
9.00	細粒砂岩	18.3	750	1960	非考慮 (線形条件)	検討中
		18.1	870	2020		
-37.00	泥岩 (下部層)	16.9	800	1940		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	16.9	800	1940		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (3/6)

(e)GA グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
	岩盤	42.34	730	1960	非考慮 (線形条件)	検討中
		41.81	730	1960		
		23.96	730	1960		
		23.58	730	1960		
		-33.75	730	1960		
		-70.00	730	1960		
▽解放基礎表面	泥岩 (下部層)	17.4	800	1960		
	—	17.4	800	1960		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(f)DC グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
	岩盤	33.09	630	1480	非考慮 (線形条件)	検討中
		-1.41	810	1890		
		-48.71	810	1890		
		-70.00	810	1890		
▽解放基礎表面		泥岩 (下部層)	17.3	810		
	—	17.3	810	1890		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (4/6)

(g) AC グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
55.00						
*2						
29.24	砂質軽石凝灰岩	14.5	680	1770	非考慮 (線形条件)	検討中
16.82	凝灰岩	15.9	680	1770		
6.82	軽石凝灰岩	15.2	680	1770		
		15.3	830	1980		
-18.93	軽石質砂岩	18.9	960	2130		
-49.43	礫岩	20.8	960	2130		
-50.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	960	2130		
-53.68	細粒砂岩	18.3	960	2130		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	18.3	960	2130		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(h) CA グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
55.00						
*2						
36.19	砂質軽石凝灰岩	17.2	550	1720	非考慮 (線形条件)	検討中
10.42	凝灰岩	15.7	550	1720		
-27.16	軽石凝灰岩	14.5	710	1950		
		18.8	910	2100		
-57.33	軽石質砂岩	18.8	910	2100		
-61.86	砂質軽石凝灰岩	15.2	910	2100		
-70.00	細粒砂岩	18.2	910	2100		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	18.2	910	2100		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (5/6)

(i)CB グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
55.00	表層地盤					
▽基礎底面	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
*2	凝灰岩	16.0	630	1580	非考慮 (線形条件)	検討中
9.13	軽石凝灰岩	14.7	630	1580		
-6.77		16.3	900	2000		
-33.37	軽石質砂岩	19.8	1050	2260		
-50.12	礫岩	20.8	1050	2260		
-51.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1050	2260		
-55.59	細粒砂岩	18.2	1050	2260		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	18.2	1050	2260		

注記 *1：埋戻し土の平均値（深度依存性考慮）を設定し、三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2：表層地盤と岩盤の境界レベルについては、各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(j)AZ 周辺グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
55.00	表層地盤					
▽基礎底面	流動化処理土	*1	*1	*1	*1	*1
*2	砂質軽石凝灰岩	14.4	760	1700	非考慮 (線形条件)	検討中
40.00	軽石混り砂岩	14.6	760	1700		
35.00	砂質軽石凝灰岩	15.8	730	1800		
8.00	凝灰岩	16.3	730	1900		
-11.00	軽石凝灰岩	14.6	730	1900		
-31.00		15.6	830	1920		
-55.00	軽石質砂岩	18.1	1070	2330		
▽解放基盤表面						
-70.00	—	18.1	1070	2330		

注記 *1：流動化処理土の平均値（深度依存性なし）を設定し、三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2：表層地盤と岩盤の境界レベルについては、各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-1 表 第 2 回設工認申請における基本地盤モデル (6/6)

(k)G14 グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	流動化処理土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
	*2					
36.15	軽石混り砂岩	15.8	460	1700	非考慮 (線形条件)	検討中
20.44	砂質軽石凝灰岩	14.9	460	1700		
18.99	軽石混り砂岩	16.2	460	1700		
14.37	凝灰岩	16.2	560	1800		
-10.30	軽石凝灰岩	14.7	560	1800		
-32.30		15.2	680	1800		
-56.33		15.2	530	1900		
-63.74	凝灰岩	16.2	910	1900		
▽解放基盤表面	軽石凝灰岩	15.3	910	1900		
-70.00	—	15.3	910	1900		

注記 *1: 流動化処理土の平均値 (深度依存性なし) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

(1)E 施設周辺グループ

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下 G/G_0	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	*1	*1	*1	*1	*1
▽基礎底面						
	*2					
35.20	泥岩 (上部層)	15.9	560	1670	非考慮 (線形条件)	検討中
-14.00		15.8	600	1670		
-22.00		16.1	630	1730		
-33.00		16.0	660	1750		
-51.00		17.0	750	1880		
-57.00	砂岩・凝灰岩 互層	16.7	790	1930		
-64.00	礫混り砂岩	15.6	790	1920		
▽解放基盤表面	—	15.6	790	1920		

注記 *1: 埋戻し土の平均値 (深度依存性考慮) を設定し, 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を考慮する。

*2: 表層地盤と岩盤の境界レベルについては, 各建物・構築物の基礎底面レベルを適用する。

第 5.5.3-2 表 建物グループに属する建物・構築物一覧
(第 2 回設工認申請) (1/3)

分類	建物・構築物名称		建物 グループ
S クラス施設又 は S クラス施設 の間接支持構造 物	前処理建屋	AA	AA 周辺 グループ
	分離建屋	AB	
	主排気筒	A1	
	高レベル廃液ガラス固化建屋	KA	
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	FA	F 施設周辺 グループ
	安全冷却水系冷却塔 A (基礎)	F1A 基礎	
	安全冷却水系冷却塔 B (基礎)	F1B 基礎	
	第 1 非常用ディーゼル発電設備重油タンク室 (基礎)	F2 基礎	
	安全冷却水 A 冷却塔 (基礎)	A4A 基礎	AE グループ
	ハル・エンドピース貯蔵建屋	AE	
	制御建屋	AG	AG グループ
	非常用電源建屋	GA	GA グループ
	冷却塔 A, B (基礎)	G10 基礎	
	非常用電源燃料タンク基礎	GAT 基礎	
	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	DC	DC グループ
	精製建屋	AC	AC グループ
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	CA	CA グループ	
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	CB	CB グループ	
常設耐震重要重 大事故等対処設 備	緊急時対策建屋	AZ	AZ グループ
	第 1 保管庫・貯水所	G13	
	第 1 軽油貯槽 (基礎)	G15 基礎	
	重油貯槽 (基礎)	G17 基礎	G14 グループ
	第 2 保管庫・貯水所	G14	
	第 2 軽油貯槽 (基礎)	G16 基礎	
S クラス施設又 は S クラス施設 の間接支持構造 物	ガラス固化体貯蔵建屋	EB	E 施設周辺 グループ
	ガラス固化体貯蔵建屋 B 棟	EB2	
	第 1 ガラス固化体貯蔵建屋東棟	KBE	
	第 1 ガラス固化体貯蔵建屋西棟	KBW	

第 5.5.3-2 表 建物グループに属する建物・構築物一覧
(第 2 回設工認申請) (2/3)

分類	建物・構築物名称		建物 グループ
S クラス施設又は S クラス施設の間接支持構造物 (常設耐震重要重大事故等対処施設の間接支持構造物を兼ねるものを含む)	分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道	AT06	* 1
	分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道	AT05, AT02N	* 1
	精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道	AT04	* 1
	高レベル廃液ガラス固化建屋/第 1 ガラス固化体貯蔵建屋間洞道	AT52	* 1
	前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道	TX40S	* 1
		TX51	* 1
		TX60	* 1
		TX70	* 1
		TY10E	* 1
		TY20	* 1
	TY25	* 1	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔 A 基礎間洞道	TY83	* 1	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔 B 基礎間洞道	TY81, TY82	* 1	

注記 *1: 屋外重要土木構造物については、別途、適用性を確認した上で基本地盤モデルを設定する。

第 5.5.3-2 表 建物グループに属する建物・構築物一覧
(第 2 回設工認申請) (3/3)

分類	建物・構築物名称		建物 グループ
上位クラス施設 等への波及的影 響を考慮する施 設	分析建屋	AH	AG グループ
	出入管理建屋	AK	
	低レベル廃棄物処理建屋	DA	DC グループ
	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	FB	F 施設周辺 グループ
	使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCM)	
	使用済燃料輸送容器管理建屋 (トレーラエリア)	FC (FCT)	
	北換気筒 (基礎)	A2 基礎	E 施設周辺 グループ
	ガラス固化体受入れ建屋	EA	
	ウラン脱硝建屋	BA	CA グループ
	ウラン酸化物貯蔵建屋	BB	CB グループ
	主排気筒に接続する屋外配管及び 屋外ダクトの飛来物防護板 (主排気筒周り)	A1 竜巻	AA 周辺 グループ
	安全冷却水 A 冷却塔 飛来物防護ネット	A4A 竜巻	F 施設周辺 グループ
	安全冷却水系冷却塔 A 飛来物防護ネット	F1A 竜巻	
	安全冷却水系冷却塔 B 飛来物防護ネット	F1B 竜巻	
冷却塔 A, B 飛来物防護ネット	G10 竜巻	GA グループ	
可搬型重大事故 等対処設備の保 管場所	建屋近傍の保管場所	—	*1
	外部保管エリア	G35	AZ グループ
	外部保管エリア	G36	G14 グループ

注記 *1 : 建屋近傍の保管場所については、位置に応じて近接する建物と同じグループ
に属する設定とする。

5.6 計算書の取りまとめに係る検討

5.6.1 検討方針

「2. 本資料における説明の全体像」に示したとおり、今回設工認のうち第2回設工認申請においては、耐震評価を行う施設が膨大であることから、効果的かつ効率的な計算書の取りまとめを検討する。

具体的な検討方針は追而

5.6.2 入力地震動の算定方法

追而

5.6.3 入力地震動の比較結果

追而

5.6.4 計算書の取りまとめに係る検討結果

追而

6. 「基本地盤モデル」の設定結果の比較

第1回設工認申請と第2回設工認申請における地「基本地盤モデル」について、両者の設定結果を比較し、その差分について確認を行った。「基本地盤モデル」の設定結果の比較を第6-1表に示す。

第6-1表に示したとおり、岩盤部分の剛性の非線形性については、第1回設工認申請と第2回設工認申請の設定条件が異なっている。

第1回設工認申請のPA及びA4Bについて、Ss地震時の岩盤部分のせん断ひずみはともに 10^{-4} 程度であり、「別紙2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すSs地震時の岩盤部分のせん断ひずみと同程度となっている。

以上のことから、第1回設工認申請に対する岩盤部分の剛性の非線形性考慮又は非考慮の条件の違いは、入力地震動に影響を与えないと考えられる。

「基本地盤モデル」の設定結果のうち、岩盤部分の減衰定数については、第2回設工認申請における岩盤部分の減衰定数の設定結果が得られた段階で追記する。

第6-1表 「基本地盤モデル」の設定結果の比較

地盤の各深さ	地盤モデルの設定パラメータ	「基本地盤モデル」の設定結果	
		第1回設工認	第2回設工認
地表面 ～建物・構築物の 基礎底面 (表層地盤)	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> PAにおいては、建物周辺の地盤分布状況を踏まえ、建物側面に分布する造成盛土、六ヶ所層及び鷹架層を表層地盤として設定し、直下又は近傍において得られているデータを用いて物性値を設定。 A4Bにおいては、埋込み深さが浅いことから、表層地盤を考慮しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土については、拘束圧の影響による深度依存性を考慮した全エリアのボーリング孔から得られているデータに基づく物性値を設定。 流動化処理土については、深度依存性を考慮しない平均値を品質管理指標の異なるグループごとに設定。 <p style="text-align: center;">(継続検討中)</p>
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 剛性の非線形性としてひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 曲線) を設定 	同左
	減衰定数	<ul style="list-style-type: none"> 減衰定数の非線形性としてひずみ依存特性 ($h-\gamma$ 曲線) を設定 	同左
建物・構築物の基礎底面 ～解放基盤表面 (岩盤部分)	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> 建物・構築物 (PA, A4B) それぞれにおいて、建物・構築物の直下又は近傍において得られているデータを用いて物性値を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 近接する建物グループ (12 グループ) それぞれにおいて、建物・構築物の直下又は近傍において得られているデータを用いて物性値を設定。
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤部分の剛性に対し非線形性を考慮し、ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 曲線) を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 「別紙 2-3 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すとおり、Ss 地震時の非線形性による入力地震動の算定結果に影響を及ぼさないことを確認したことから、線形条件を設定。
	減衰定数	<ul style="list-style-type: none"> 材料減衰のみを考慮した減衰定数として、三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性 ($h-\gamma$ 曲線) を設定。 ひずみ依存特性 ($h-\gamma$ 曲線) を考慮することで、非線形性を考慮。 	検討中
解放基盤表面 以深	物性値等	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの物性値が連続するよう設定 	同左
	剛性の非線形性	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されること、また、実際の地盤では岩盤部分の剛性よりも更に硬いことから、線形条件を設定。 	同左
	減衰定数	<ul style="list-style-type: none"> 一次元波動論に基づく評価においては、半無限層として設定されることから、解放基盤表面レベルの減衰定数及び非線形性に対する考え方が連続するよう設定 	同左

7. まとめ

追而

別紙

設工認に係る補足説明資料 別紙リスト

令和5年8月31日 R9

耐震建物 08 【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について】

別紙				備考
資料 No.	名称	提出日	Rev	
別紙 1	第 1 回設工認申請における建物・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 2	第 2 回設工認申請における建物・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 2-1	岩盤部分の物性値等の設定について	2023/8/21	1	-
別紙 2-2	岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について	2023/8/21	1	-
別紙 2-3	岩盤部分の減衰定数に係る検討について	2023/8/ <u>31</u>	<u>2</u>	-
別紙 2-4	表層地盤の物性値等に係る検討について	2023/8/ <u>31</u>	<u>2</u>	-

別紙 2

第 2 回設工認申請における建物・構築物の
入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定

資料構成

- 別紙 2-1 岩盤部分の物性値等の設定について
- 別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について
- 別紙 2-3 岩盤部分の減衰定数に係る検討について
- 別紙 2-4 表層地盤の物性値等に係る検討について

別紙 2-1

岩盤部分の物性値等の設定について

目 次

ページ

1. はじめに	1
2. 岩盤部分の物性値等の設定	2
2.1 岩盤部分の物性値等に係る一般的・標準的な設定方法の整理	2
2.2 岩盤部分の物性値等の設定方法	3
2.3 岩盤部分の物性値のばらつきの設定方法	6
3. 各グループの物性値の設定結果	14
3.1 AA 周辺グループにおける物性値の設定結果	14
3.2 F 施設周辺グループにおける物性値の設定結果	28
3.3 AE グループにおける物性値の設定結果	47
3.4 AG グループにおける物性値の設定結果	52
3.5 GA グループにおける物性値の設定結果	63
3.6 DC グループにおける物性値の設定結果	70
3.7 AC グループにおける物性値の設定結果	76
3.8 CA グループにおける物性値の設定結果	81
3.9 CB グループにおける物性値の設定結果	88
3.10 AZ 周辺グループにおける物性値の設定結果	95
3.11 G14 グループにおける物性値の設定結果	107
3.12 E 施設周辺グループにおける物性値の設定結果	114
4. まとめ	129

1. はじめに

本資料は、補足説明資料本文に示すとおり、岩盤部分の物性値等について、地盤の実態を考慮したパラメータ設定を行うため、一般的・標準的な地盤物性値の設定方法に基づく、データの整理結果を示すものである。

なお、データの整理にあたっては、補足説明資料本文の「5.1.3 敷地の地質構造及び耐震設計方法を踏まえた地盤モデルの構成」に示す近接する建屋グループ単位（全 12 グループ）において直下又は近傍の PS 検層結果のデータを全て用いた整理を行う。

2. 岩盤部分の物性値等の設定

2.1 岩盤部分の物性値等に係る一般的・標準的な設定方法の整理

補足説明資料本文の「5.3.3 (1) 岩盤部分の物性値等の設定」に示した、設定方針に基づき、岩盤部分の物性値等の設定にあたっては、一般的・標準的な設定方法として、建屋個別若しくは近接する建屋群ごとに、その直下又は近傍で得られた PS 検層結果を用いて、その平均値をもって地盤の速度構造を設定し、岩盤部分の物性値等の設定を行う。

2.2 岩盤部分の物性値等の設定方法

岩盤部分の物性値等については、建屋個別若しくは近接する建屋として、第 2-1 図に示す近接する建屋グルーピング（全 12 グループ）ごとに整理を行った上で設定する。

また、岩盤部分の物性値等の設定に用いる PS 検層結果については、既認可以降に得られているデータも含めて全てのデータを用いることとし、12 グループそれぞれにおける、建物・構築物直下又は近傍の PS 検層結果を選定する。複数の PS 検層結果を用いるグループについては、第 1 回申請の PA と同様に、建物・構築物直下又は近傍の PS 検層結果に基づき速度構造の平均値を求めて設定する。PS 検層結果が単一のグループについては、第 1 回申請の A4B と同様に、建物・構築物直下又は近傍の PS 検層結果に基づき速度構造を設定する。なお、建物・構築物の直下に PS 検層結果がない場合の検討の流れを以下に示す。

- ① 第 1 回申請の A4B と同様に、建物・構築物近傍の PS 検層結果と建物・構築物直下の地下構造を比較する。第 2 回申請においては、建物・構築物直下の地下構造の確認にあたって、「参考 1 直下において PS 検層が実施されていない建物・構築物直下又は近傍の地質調査データ及び岩盤分類図との比較（以下、「参考 1」とする）」に示す当該建物・構築物近傍のボーリング孔を参照する。その結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていない場合は、敷地内のボーリング調査結果に基づき作成した岩盤分類図を用いて建物・構築物直下の地下構造を確認する。
- ② 建物・構築物直下の地下構造の確認の際、建物・構築物近傍の PS 検層位置における岩種境界において速度境界が確認され、さらに、その岩種境界レベルが建物・構築物近傍の PS 検層位置と建物・構築物直下で差が見られる場合は、PS 検層結果に基づいて設定した物性値と建物・構築物直下の地下構造に基づき求めた地盤の固有周期*を比較することで、PS 検層結果に基づいて設定した物性値の適用性について検討を行う。

注記 *：地盤の固有周期は、各岩種の層厚及び S 波速度に基づく値であり、地盤の周波数応答の特性に影響を与える固有周期に着目することで、速度構造の違いが及ぼす影響を定量的に確認する。

建物・構築物直下の地下構造を参照した断面位置を第 2-2 図に示す。固有周期の算定方法については、「参考 2 速度境界レベルが地盤の固有周期へ与える影響（以下、「参考 2」とする）」で示す。

各グループの岩盤部分の物性値等の設定に用いる PS 検層孔の選定結果を第 2-1 表に示す。

速度構造の設定にあたっては、複数の PS 検層結果より設定する場合は、複数孔の速度境界の乖離を最小するため、第 2-3 図に示す手順により速度境界の探査を行った上で、S 波速度及び P 波速度それぞれの平均値を設定する。なお、速度境界の設定においては、速度境界の探査結果及び地質柱状図を踏まえ、速度境界と地質境界の整合性を踏まえた設定を行う。単一の PS 検層結果より設定する場合は、当該孔にて得られた S 波速度及び P 波速度を設定することとし、速度境界の設定においては、複数の PS 検層結果より設定する場合と同様に、速度境界と地質境界の整合性を踏まえた設定を行う。

単位体積重量の設定にあたっては、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定する。なお、速度構造に用いた PS 検層孔において、設定する岩種の湿潤密度データが得られていない場合においては、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」に示す各岩種の湿潤密度の回帰式により設定する。

また、同一岩種内において、湿潤密度試験結果の傾向の切り替わりが確認できる場合、湿潤密度の設定にあたっては、同一岩種内の各深さで湿潤密度を切り替えることも考えられるが、地盤の応答解析の評価において用いる諸元である地盤のせん断弾性係数 ($G_0 = \rho V_s^2$) に対しては、S 波速度が支配的であることから、湿潤密度については、同一岩種内で一定の値を設定する。

各層の岩種の設定にあたっては、複数孔のデータに基づき設定する場合は主要な岩種における平均的な境界レベルを設定し、単一孔のデータに基づき設定する場合は、その孔の地質柱状図に基づき設定する。

なお、複数孔のデータに基づき設定する場合、薄層は入力地震動に対

する寄与が小さいこと,また,岩種の違いは非線形性の違いのみであり,
「別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示すと
おりその影響は小さいことから,主要な岩種のみを考慮することとした。

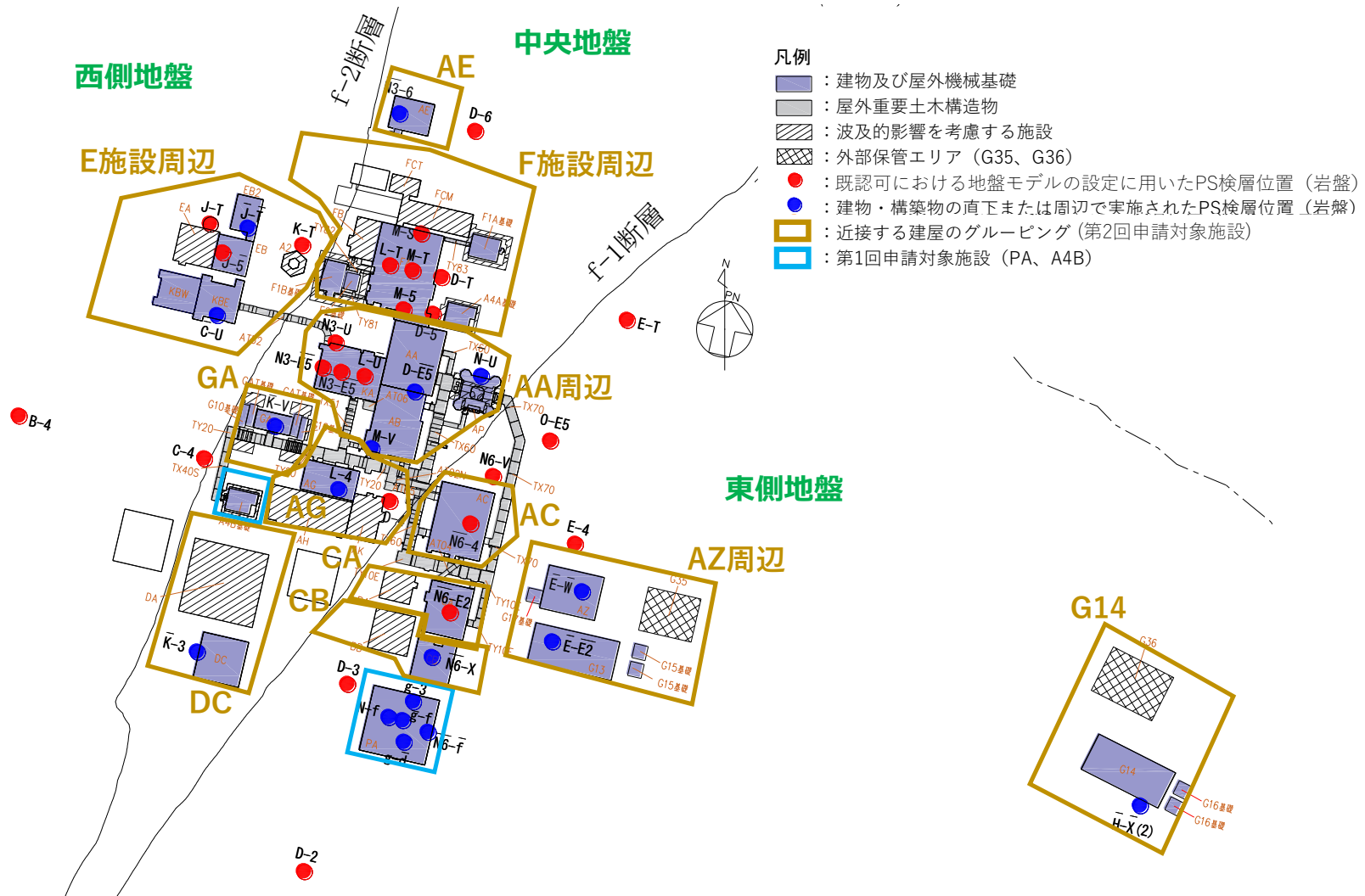
なお,上述の物性値の設定方法については,補足説明資料「耐震建物
08 耐震設計の基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び
物性値の設定について」の「別紙 1 第 1 回設工認申請における建物・
構築物の入力地震動算定に用いる地盤モデルの設定について」に示す燃
料加工建屋及び安全冷却水 B 冷却塔と同様の方法である。

また,上記で設定した物性値について,事業変更許可申請書に示す許
可物性値との比較を行い,敷地の平均的な特徴に対する各グループで設
定した物性値の特徴を確認する。

2.3 岩盤部分の物性値のばらつきの設定方法

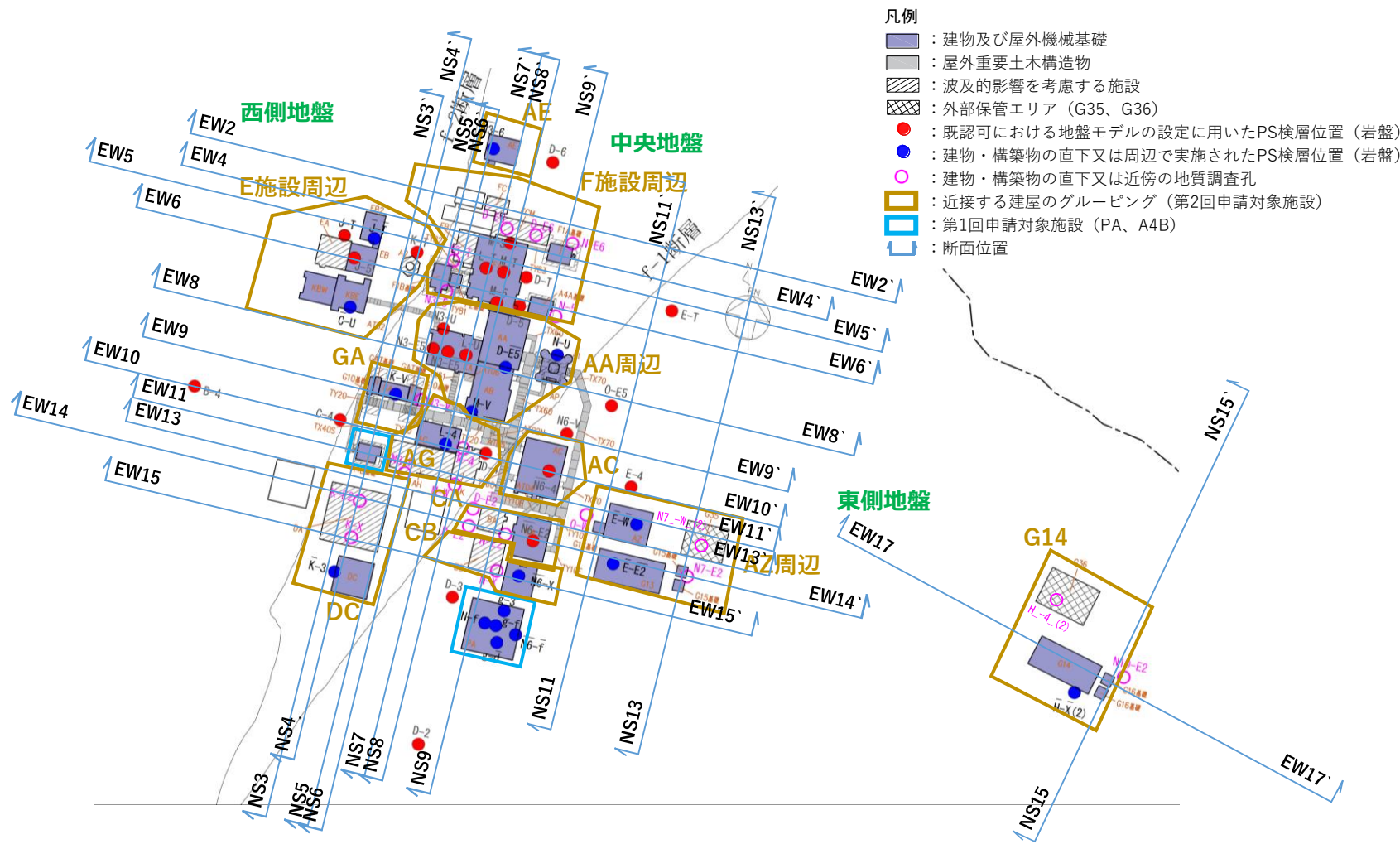
地盤物性のばらつきの設定は「3. 各グループの物性値の設定結果」に示す各 PS 検層結果に対し，類似のデータを集約できないかの検討を行った上でその母集団での $\pm 1 \sigma$ のばらつきを設定することを基本とする。

具体的な設定方法については追而



第 2-1 図 近接する建屋のグルーピング

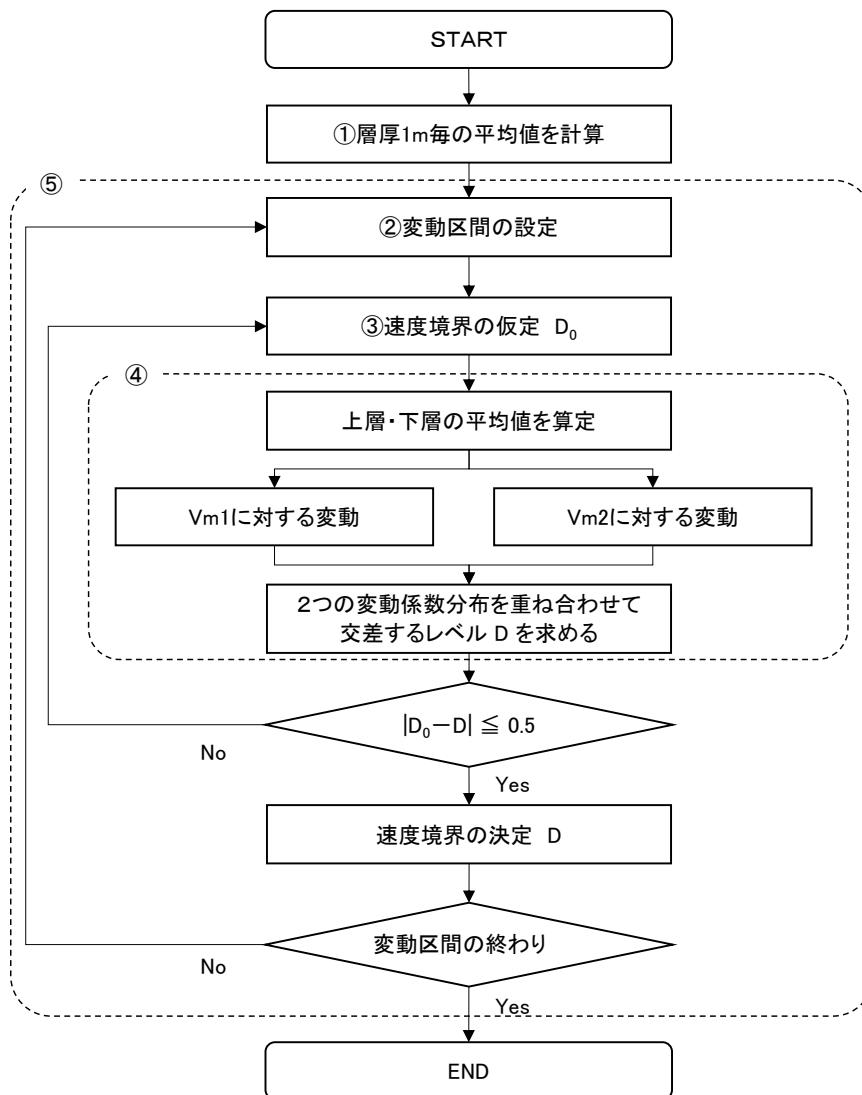
別紙 2-1-7



第 2-2 図 建物・構築物直下の地下構造を参照した断面位置

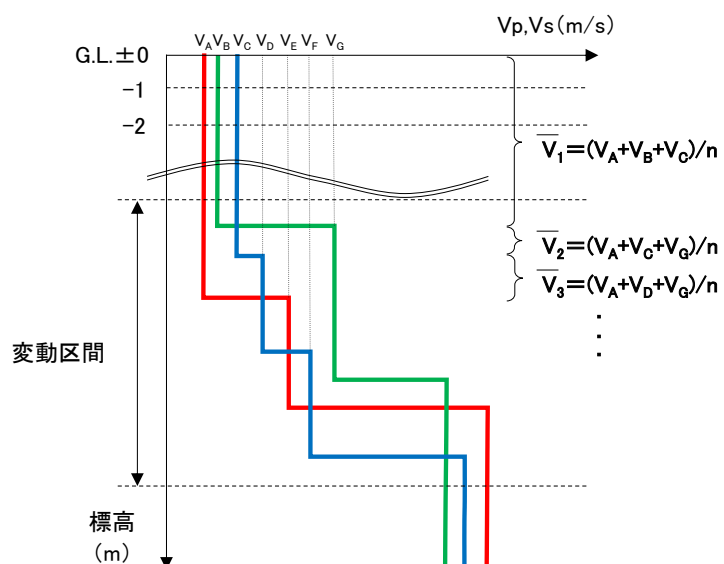
第 2-1 表 岩盤部分の物性値の設定に用いる PS 検層孔

近接建屋 グループ	近接する建屋グループの 直下 PS 検層孔 (第 2-1 図のうち●又は●)
AA 周辺	N3_-U, N3-E5_, N3_-E5_, L-U_, D-E5_, M-V, N_-U
F 施設周辺	M-S, L-T, M-T, M-5, D-T, D-5
AE	N3_-6
AG	L-4, D-4
GA	K_-V
DC	K_-3
AC	N6_-4
CA	N6_-E2
CB	N6_-X
AZ 周辺	E_-W_, E_-E2_
G14	H_-X_(2)
E 施設周辺	J_-T_, J_-5_, C_-U, J-T, K-T



第 2-3 図 速度境界設定の手順 (1/4)

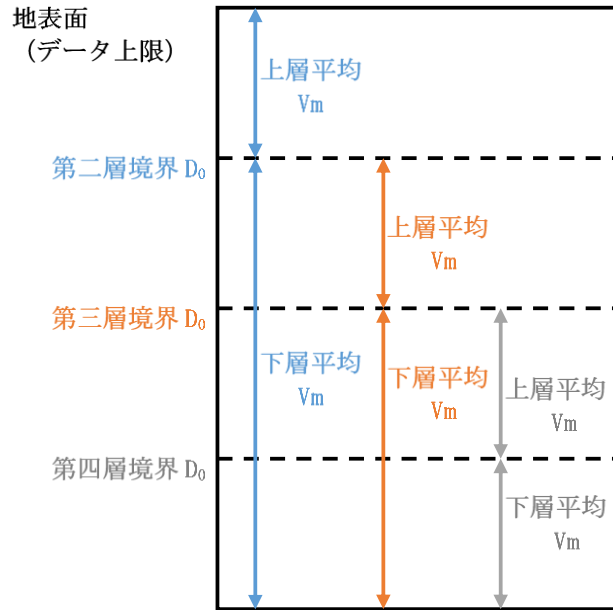
- ① 対象ボーリングデータを層厚 1m 毎に平均化し， V を計算する
- ② 平均化で得られる速度の深さ方向分布図より，変化する区間（各ボーリング孔の速度境界が集中する区間と捉え，ここでは「変動区間」と呼ぶ。）を定める。



注記 : n 数のボーリング孔による PS 検層結果の場合

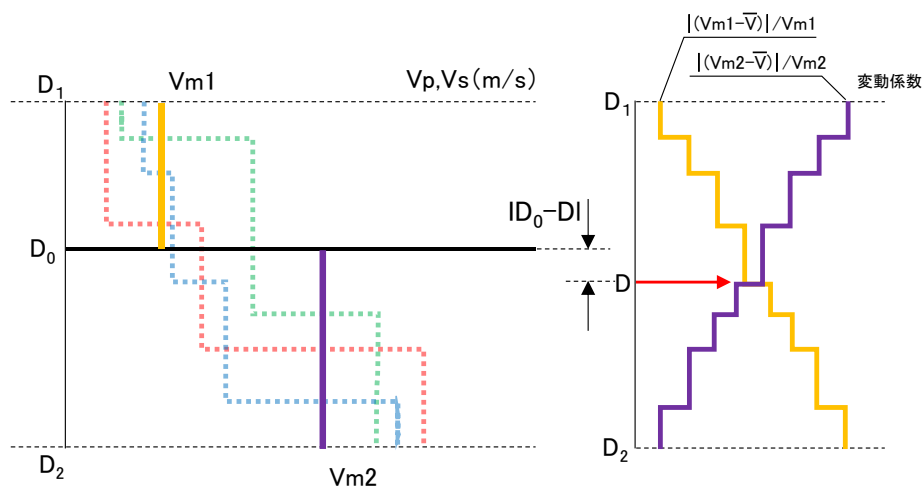
第 2-3 図 速度境界設定の手順 (2/4)

- ③ 変動区間内の任意の深度に速度境界 D_0 を仮定する。
- ④ 仮定した速度境界を境に，上層・下層それぞれの平均値 V_m を計算し，各値に対して変動係数（＝標準偏差／平均値）の分布を求める。



第 2-3 図 速度境界設定の手順 (3/4)

⑤ 上層・下層の平均速度を離散化することによる地盤内の連続速度変化との乖離を最小にするため、2本の変動係数分布について、交差する深度を求め、最初に仮定した速度境界と比較して概ね一致するまで繰り返す。



第 2-3 図 速度境界設定の手順 (4/4)

3. 各グループの物性値の設定結果

3.1 AA 周辺グループにおける物性値の設定結果

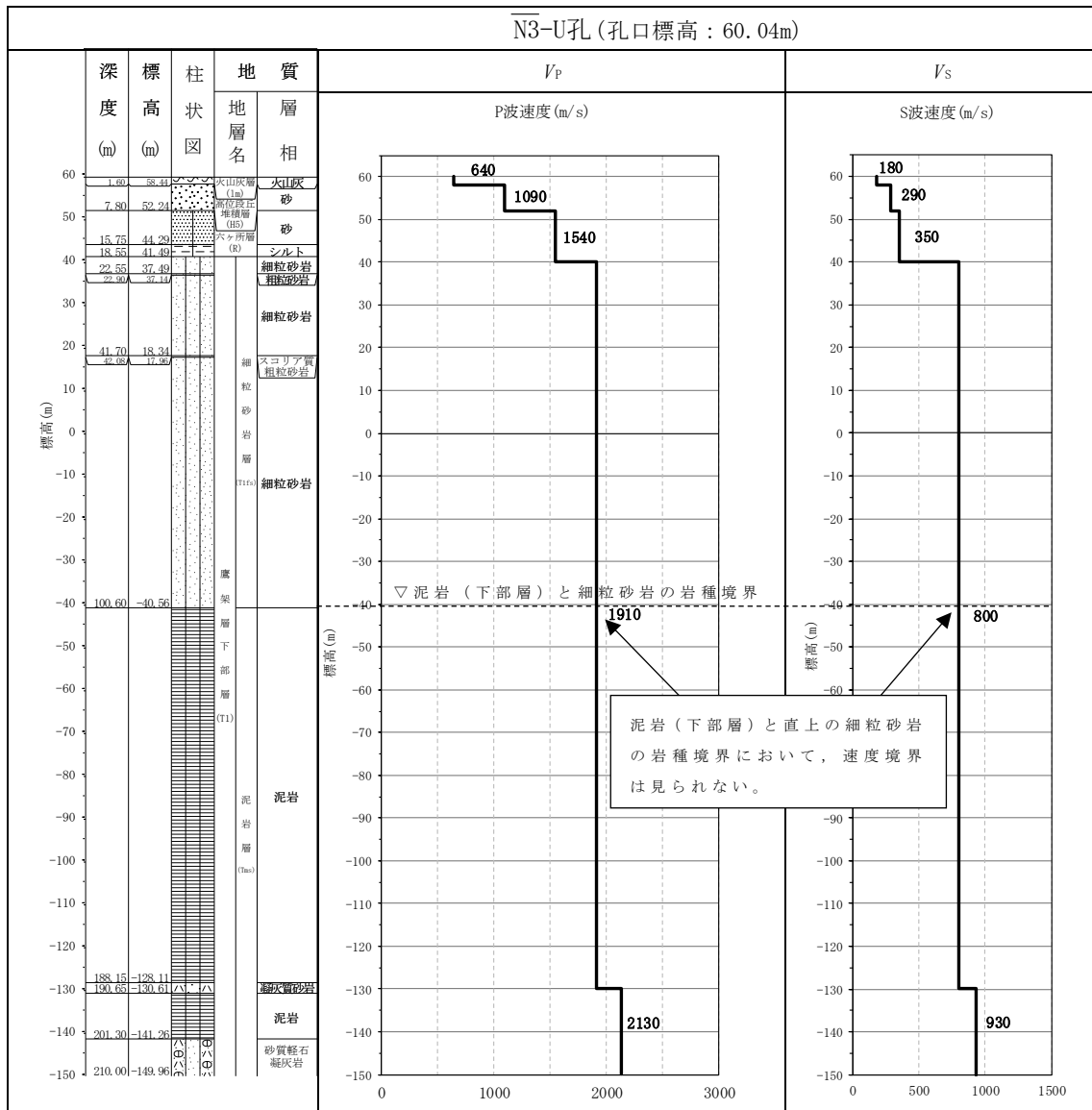
(1) 速度構造の設定

速度構造については、第 2-1 表に示す AA 周辺グループの PS 検層結果 (N3-U, N3-E5_, N3-E5_, L-U_, M-V, D-E5_, N-U) により設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度, P 波速度及び地質柱状図を第 3.1-1 図に示す。

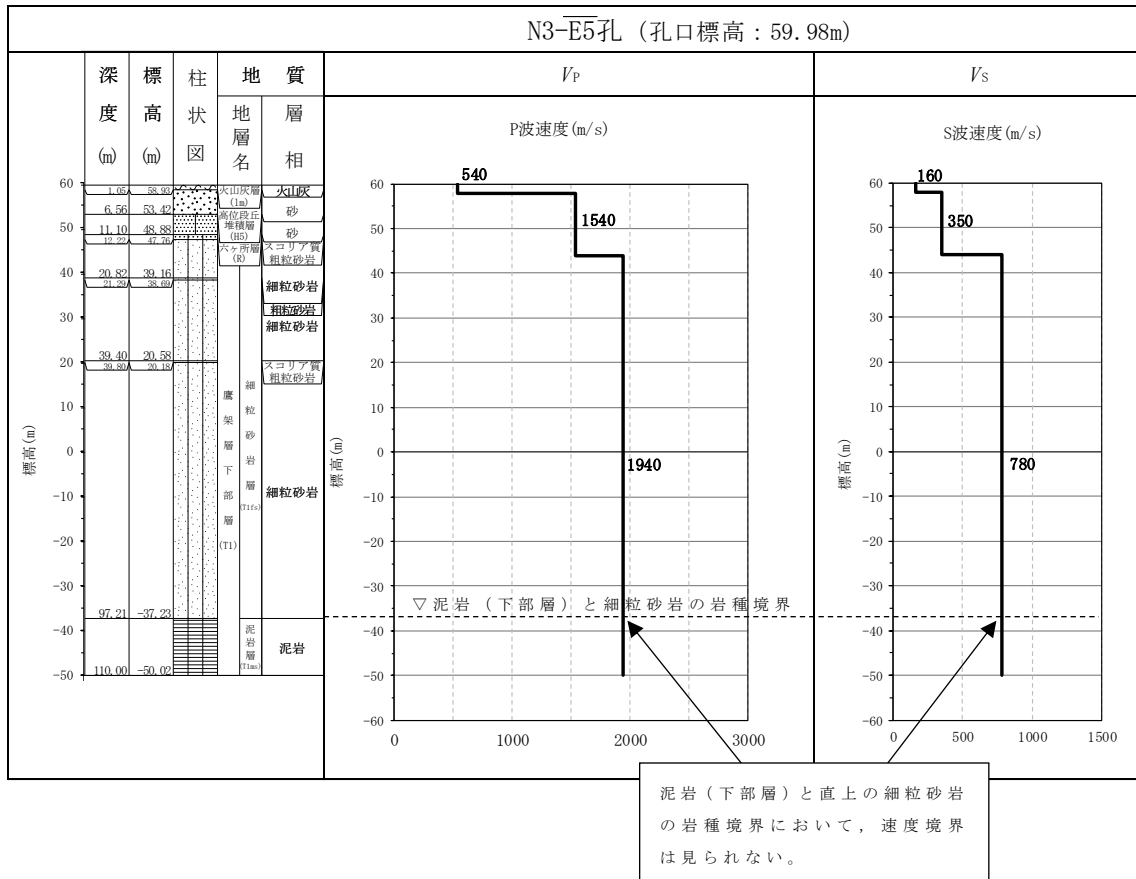
速度境界の探査の結果, 第 3.1-2 図～第 3.1-4 図に示すとおり, T.M.S.L. 23m, T.M.S.L. 9m 及び T.M.S.L. -51m において, 各標高を境に上層の S 波速度平均値に対する変動係数と下層の S 波速度の平均値に対する変動係数が共に急変することから, 上記 3 つの標高を速度境界として設定する。また, 第 3.1-5 図に示す地質柱状図の比較結果のとおり, 泥岩 (下部層) の上面レベルの平均高さは T.M.S.L. -49m であることを踏まえ, T.M.S.L. -51m の速度境界については, 泥岩 (下部層) の上面レベルの平均高さに補正した。なお, 泥岩 (下部層) の上面レベルの平均高さ算定において, N-U 孔は他の 6 孔 (N3-U, N3-E5_, N3-E5_, L-U_, M-V, D-E5_) に比べて泥岩 (下部層) と細粒砂岩の境界レベルが深く, 第 3.1-1 図 (7/7) の地質柱状図のとおり T.M.S.L. -73.66m において確認される。これについては, 第 3.1-1 図 (7/7) の PS 検層結果より, 泥岩 (下部層) と直上の細粒砂岩の岩種境界において速度境界は見られない。

この特徴については, 第 3.1-1 図に示す注釈のとおり, AA 周辺グループの D-E5_ 孔を除く他の孔 (N3-U, N3-E5_, N3-E5_, L-U_, M-V) の速度構造でも同様に泥岩 (下部層) と直上の細粒砂岩の岩種境界において速度境界は見られない傾向となっていること, また, D-E5_ 孔においては速度境界が見られるものの, 泥岩 (下部層) と直上の細粒砂岩の速度のコントラスト ($V_s=800\sim 880\text{m/s}$) は小さいことから, N-U 孔の物性値も含めて平均化することに問題はないと判断し, 泥岩 (下部層) の上面レベルについては全ての孔の値を平均して設定した。

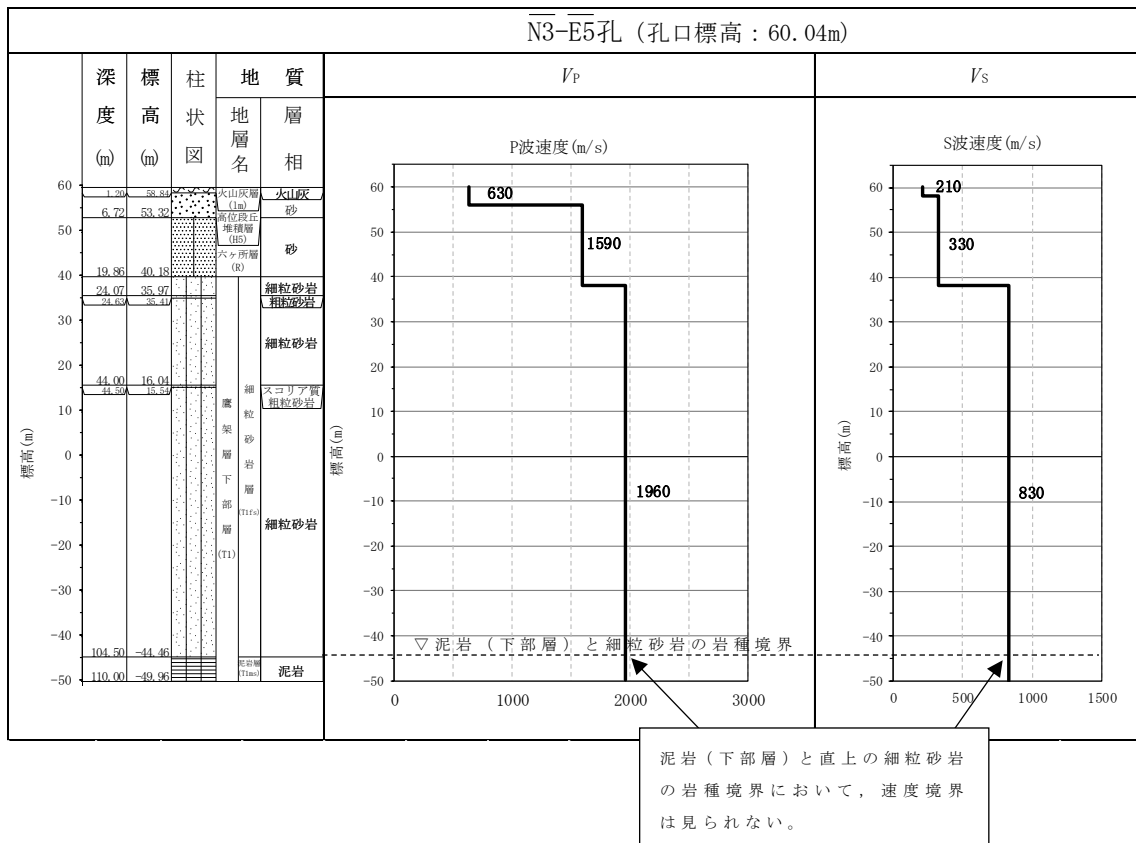
上記に基づき設定した AA 周辺グループの速度構造及び PS 検層結果の比較を第 3.1-6 図に示す。



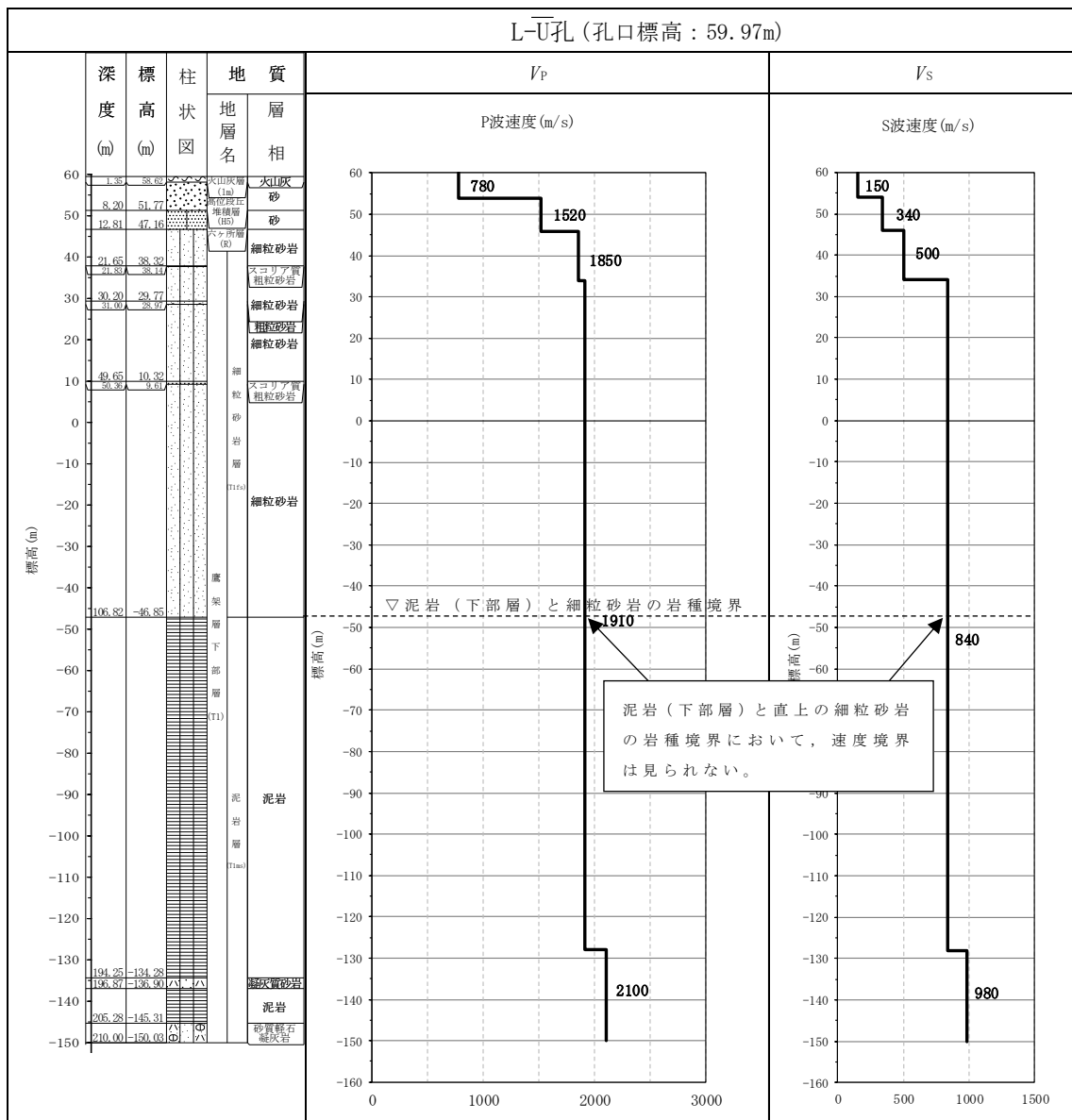
第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (1/7)



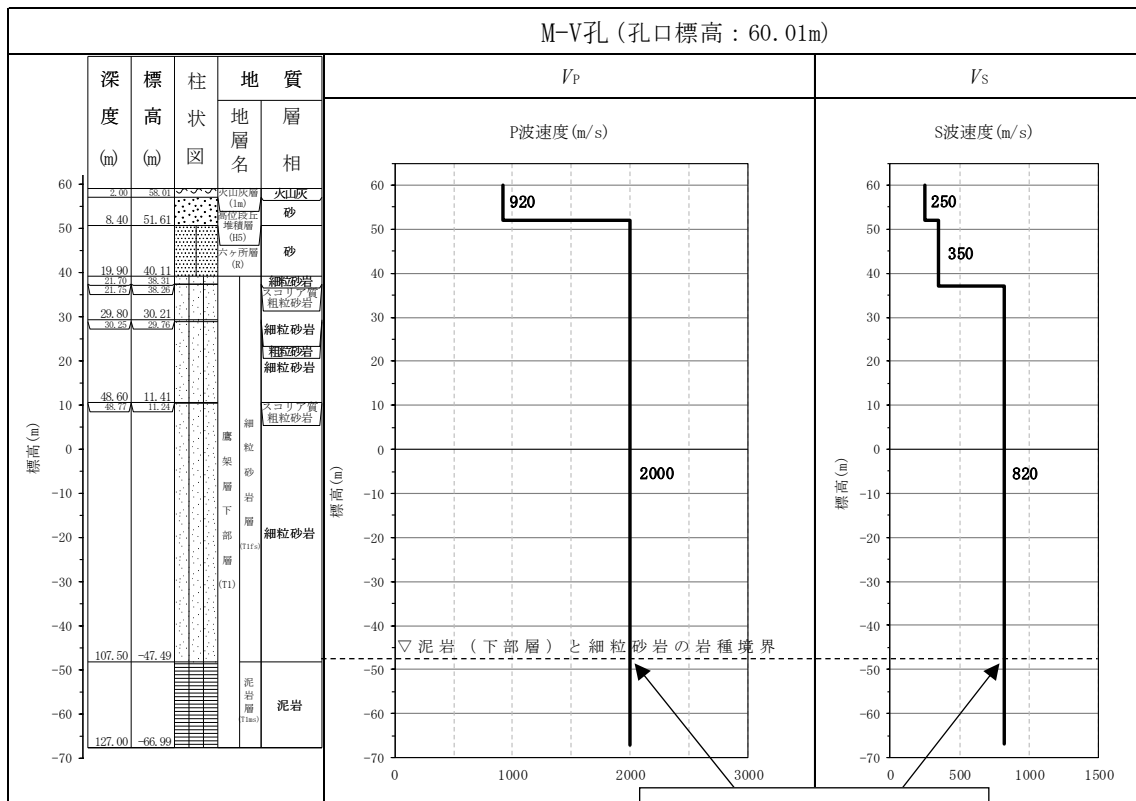
第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (2/7)



第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (3/7)

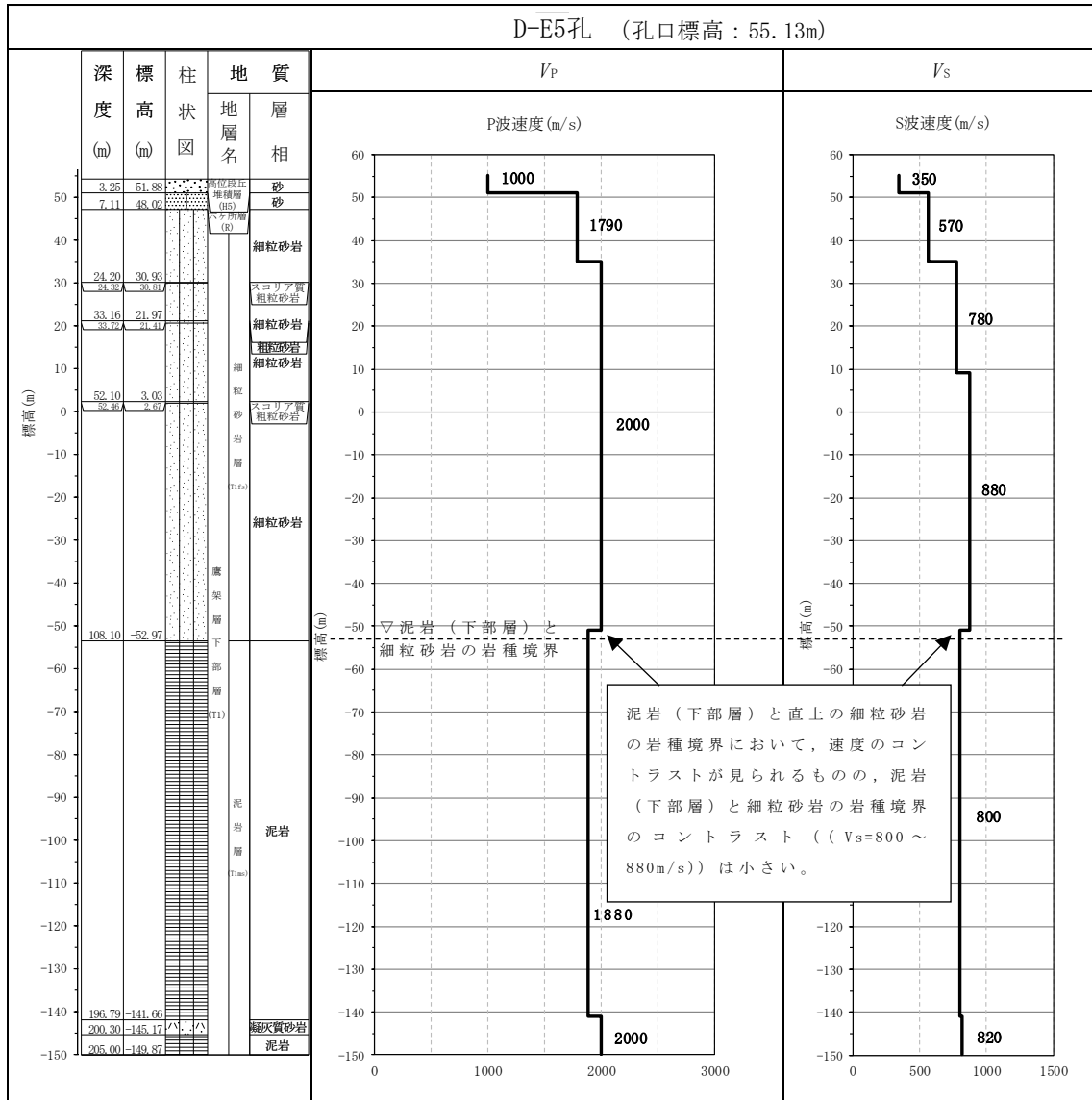


第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (4/7)

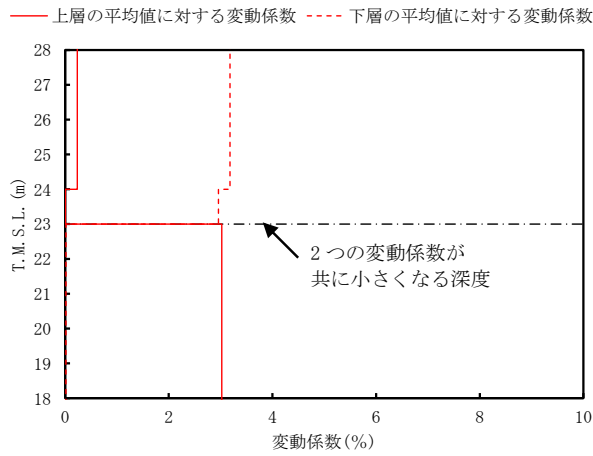


泥岩（下部層）と直上の細粒砂岩の岩種境界において、速度境界は見られない。

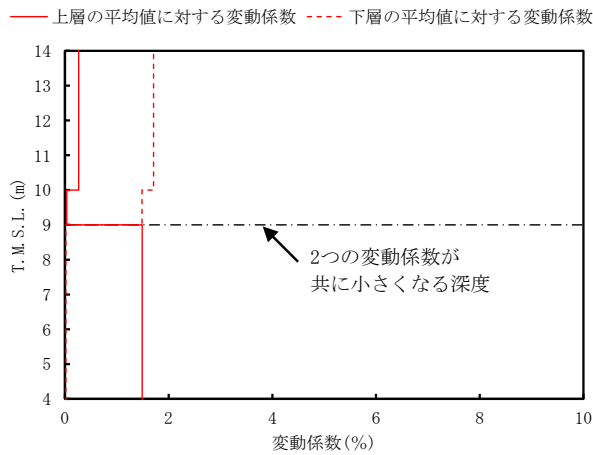
第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (5/7)



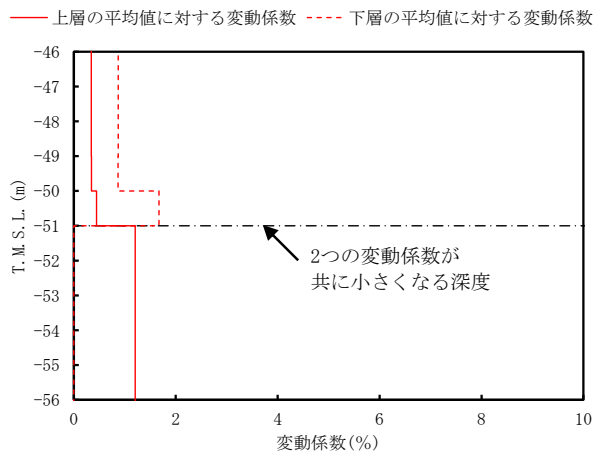
第 3.1-1 図 PS 検層結果 (AA 周辺グループ) (6/7)



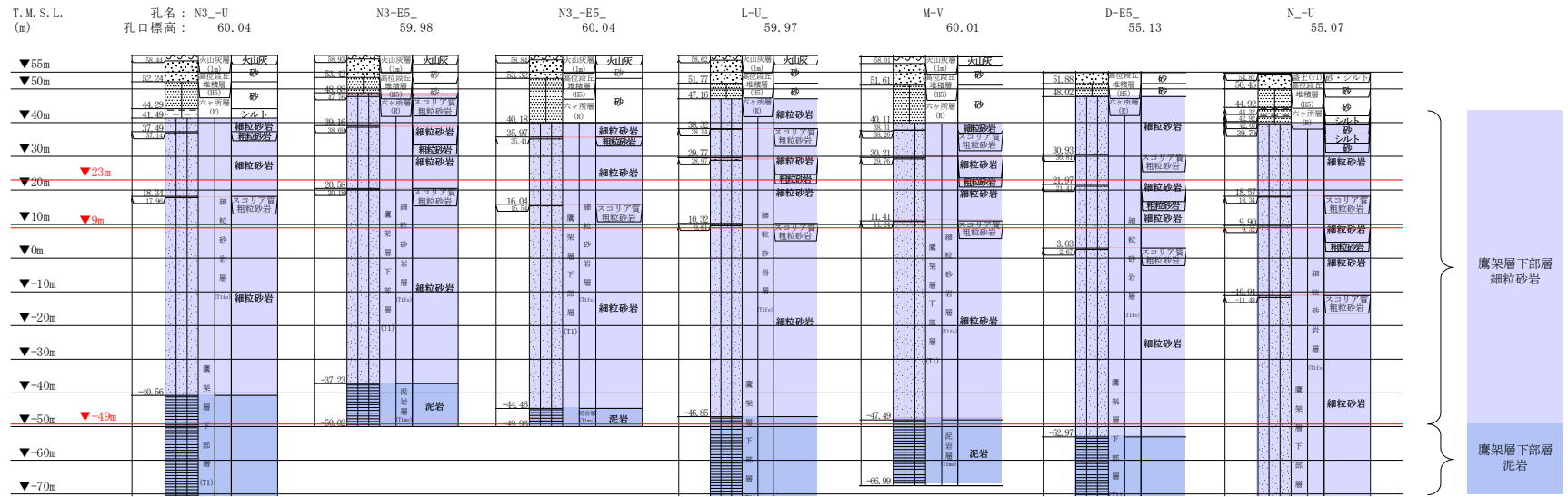
第 3.1-2 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. 23m 付近)



第 3.1-3 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. 9m 付近)



第 3.1-4 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -51m 付近)



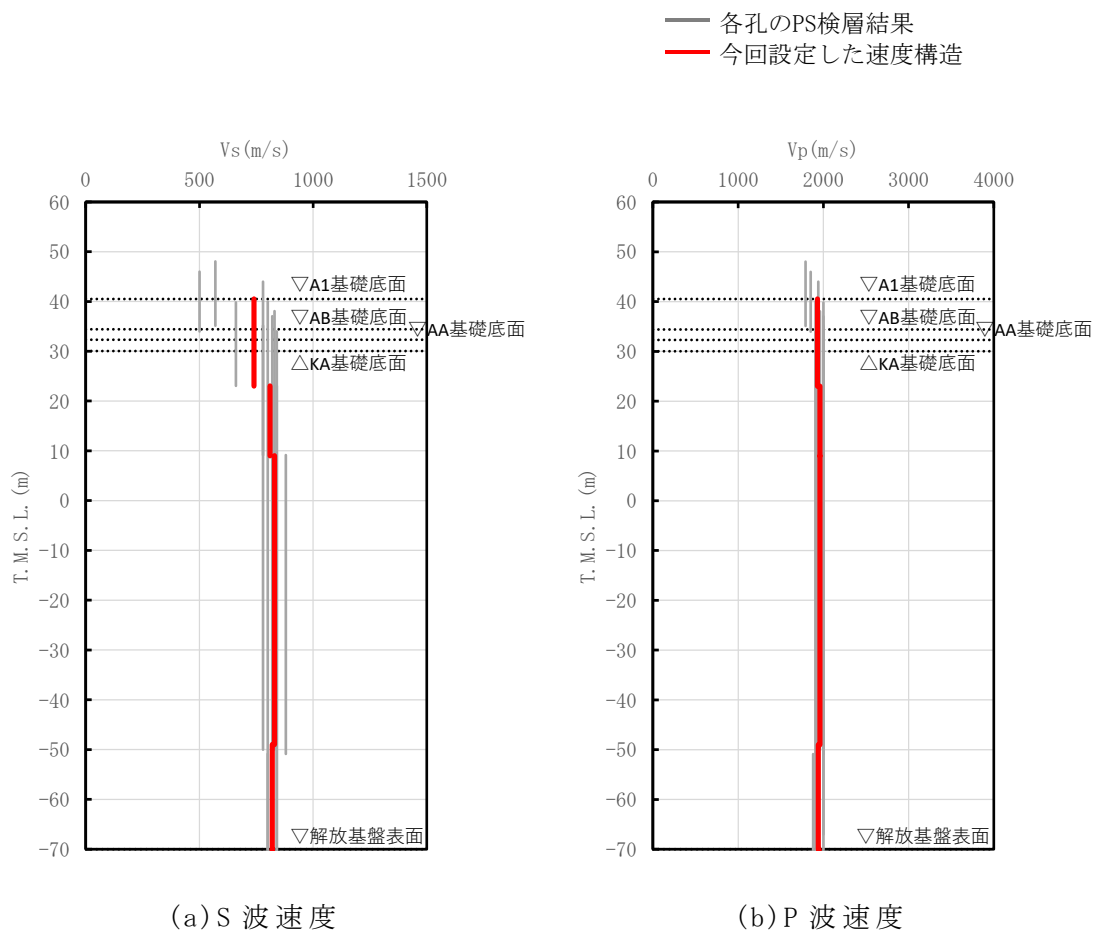
注記 : 赤線は速度境界レベルを示す。

N-U孔は、T.M.S.L. -73.66mにおいて、泥岩（下部層）と細粒砂岩の境界レベルが確認される。
（第3.1-1図(7/7)より）

岩盤の最上面レベル = $(41.49 \text{ m} + 48.88 \text{ m} + 40.18 \text{ m} + 47.16 \text{ m} + 40.11 \text{ m} + 48.02 \text{ m} + 39.79 \text{ m}) / 7 = 43.66 \text{ m} \doteq 44 \text{ m}$

泥岩（下部層）の上面レベル平均高さ = $((-40.56 \text{ m}) + (-37.23 \text{ m}) + (-44.46 \text{ m}) + (-46.85 \text{ m}) + (-47.49 \text{ m}) + (-52.97 \text{ m}) + (-73.66 \text{ m})) / 7 = -49.03 \text{ m} \doteq -49 \text{ m}$

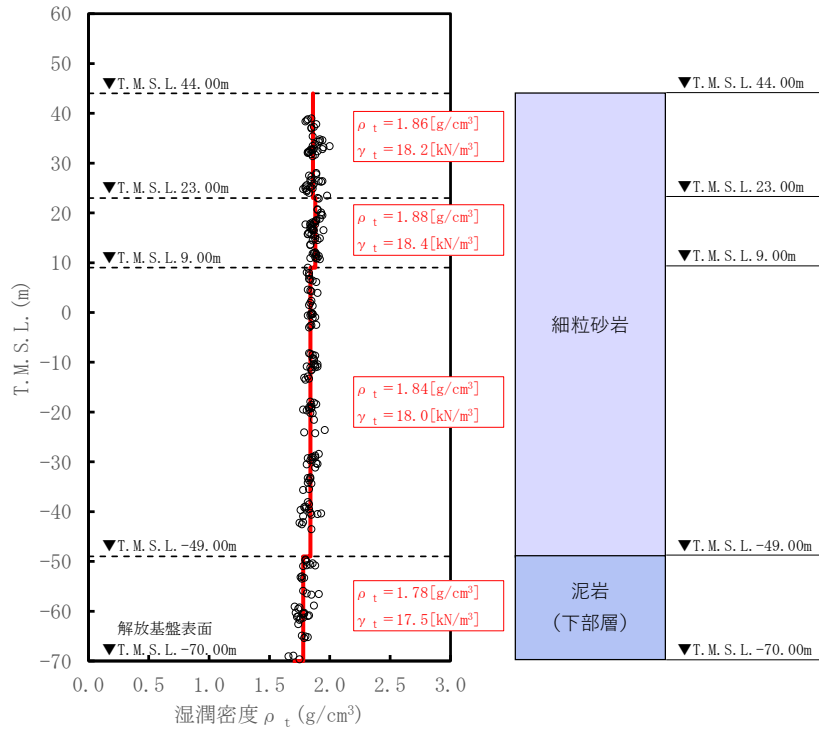
第 3.1-5 図 地質柱状図の比較



第 3.1-6 図 AA 周辺グループの速度構造と PS 検層結果の比較

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は，第 3.1-7 図に示すとおり，速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき，各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.1-7 図 単位体積重量の設定結果

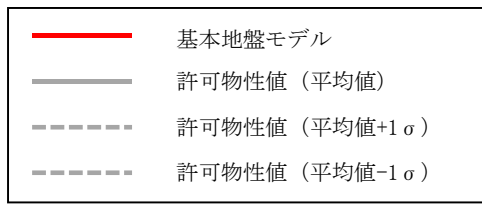
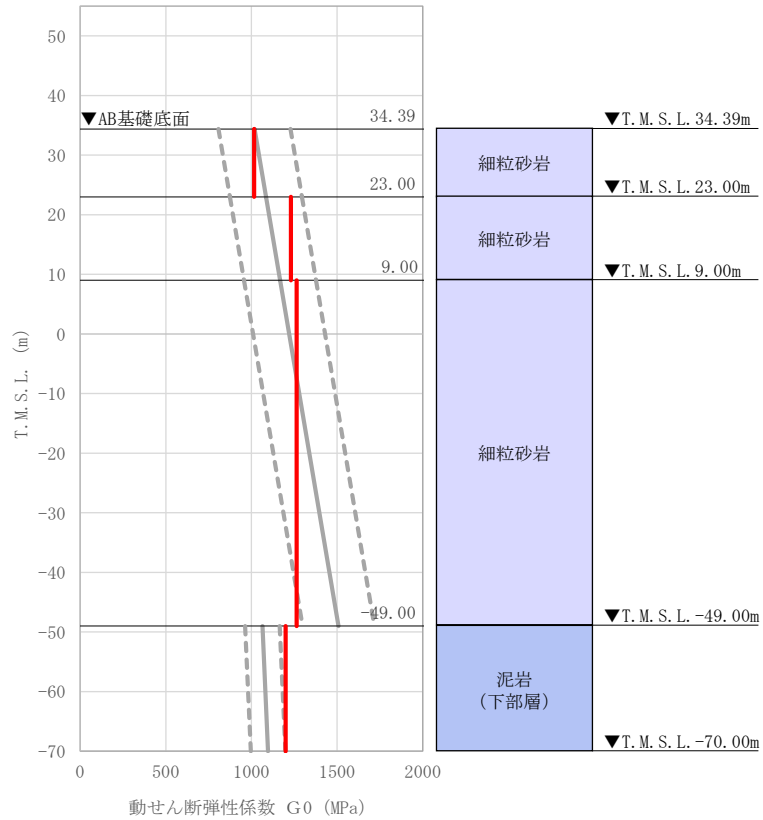
(3) 地盤物性値の設定結果

AA 周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.1-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.1-8 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.1-1 表 AA 周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽A1基礎底面 40.50				
▽AB基礎底面 34.39	細粒砂岩	18.2	740	1930
▽AA基礎底面 33.20				
▽KA基礎底面 30.03				
23.00				
9.00		18.4	810	1960
-49.00		18.0	830	1960
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩 (下部層)	17.5	820	1940
	—	17.5	820	1940



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.1-8 図 せん断弾性係数の設定結果

3.2 F 施設周辺グループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造については、第 2-1 表に示す F 施設周辺グループの PS 検層結果 (M-S, L-T, M-T, M-5, D-T, D-5) により設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度, P 波速度及び地質柱状図を第 3.2-1 図に示す。

速度境界の探査の結果、第 3.2-2 図に示すとおり、T.M.S.L.23m を境に上層の S 波速度平均値に対する変動係数と下層の S 波速度の平均値に対する変動係数が共に急変することから、T.M.S.L.23m を速度境界として設定する。また、第 3.2-3 図に示す地質柱状図の比較結果のとおり、泥岩(下部層)の上面レベルは、各孔の平均値より T.M.S.L.-53m とした。なお、泥岩(下部層)の上面レベルの平均高さ算定において、M-S 孔は他の 5 孔 (L-T, M-T, M-5, D-T, D-5) に比べて泥岩(下部層)と細粒砂岩の境界レベルが深く、第 3.2-1 図(1/6)の地質柱状図のとおり T.M.S.L.-63.02m において確認される。これについては、第 3.2-1 図(1/6)の PS 検層結果より、泥岩(下部層)と直上の細粒砂岩の岩種境界において速度境界は見られない。

この特徴については、第 3.2-1 図に示す注釈のとおり、F 施設周辺グループの M-S 孔を除く 5 孔 (L-T, M-T, M-5, D-T, D-5) の速度構造でも同様に泥岩(下部層)と直上の細粒砂岩の岩種境界において速度境界は見られない傾向となっていることから、M-S 孔の物性値も含めて平均化することに問題はないと判断し、泥岩(下部層)の上面レベルについては全ての孔の値を平均して設定した。

F 施設周辺グループの建物・構築物のうち、A4A 基礎、F1A 基礎及び F2 基礎については、第 3.2-3 図に示す鷹架層上面レベルの平均高さ (T.M.S.L.45m) よりも浅部に設置されるが、基礎直下には MMR が施工されている。MMR 部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定した。

上記に基づき設定した F 施設周辺グループの速度構造及び PS 検層結果の比較を第 3.2-4 図に示す。

F 施設周辺グループの建物・構築物のうち、A4A 基礎、FB 建屋、FCT 建屋、FCM 建屋、F1A 基礎、F1B 基礎及び F2 基礎については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.2-5 図

に示すように、その建物・構築物直下の地下構造と近傍の PS 検層結果と比較を行い、PS 検層結果を基に設定した物性値をその建物・構築物に適用できることを確認する。

第 3.2-5 図より A4A 基礎，FB 建屋，FCT 建屋，F1B 基礎及び F2 基礎については、各建物・構築物近傍の孔において細粒砂岩と泥岩（下部層）の岩種境界に速度境界が見られないことから、速度構造について大きな変化はないと判断した。

F1A 基礎及び FCM 建屋については、第 3.2-5 図に示す近傍孔と建物・構築物直下の地下構造及び速度構造の対応関係より、細粒砂岩の上部に軽石質砂岩が確認される。また、近傍孔である M-S 孔においても細粒砂岩と軽石質砂岩の岩種境界において速度境界が確認される。F1A 基礎及び FCM 建屋の岩盤部分の物性値としては、細粒砂岩の上層に軽石質砂岩を考慮した速度境界を設定することも考えられるが、「参考 3 F 施設周辺グループにおける軽石質砂岩の考慮について」に示すとおり、速度境界を設定した場合の影響は非常に小さいことから、F 施設周辺グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用することに問題はないと判断した。

上記のことから、A4A 基礎，FB 建屋，FCT 建屋，FCM 建屋，F1A 基礎，F1B 基礎及び F2 基礎については、F 施設周辺グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

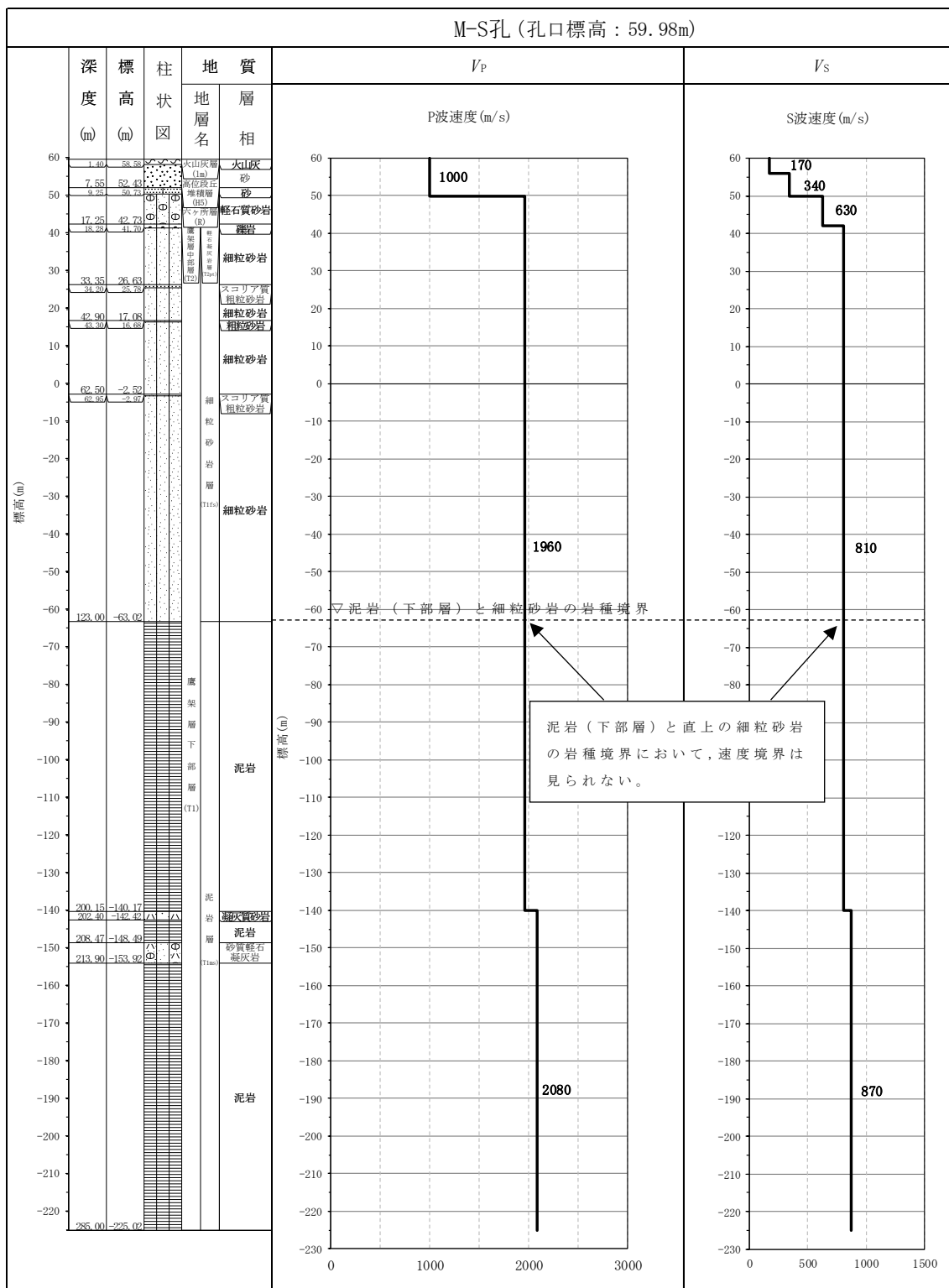
速度構造の設定にあたり、F 施設周辺グループの建物・構築物のうち、FCT 建屋，FB 建屋及び F1B 基礎については、f-2 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。

FCT 建屋については、第 3.2-5 図(3/7)に示す直下の地下構造にて、T.M.S.L. 0m 程度に厚さ 10m 前後の泥岩の層が見られ、FCT 建屋近傍の M-S 孔の地質柱状図と比べて岩種の分布が異なるものの、基礎底面レベルから T.M.S.L. -60m 程度までは細粒砂岩が主要な岩種であり、T.M.S.L. -60m 程度以深は泥岩によって構成されることは共通している。また、各 PS 検層結果（第 3.2-1 図）において泥岩と細粒砂岩の岩種境界において速度境界は見られない傾向となっていることから、FCT 建屋直下 T.M.S.L. 0m 程度の位置の厚さ 10m 前後の泥岩の層は、地盤応答の評価の観点において影響はないものと判断できる。FB 建屋については、第 3.2-5 図(2/7)に示す FB 建屋直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、FB 建屋近傍の L-T 孔と同様な岩種の分布となっており、断層の影響は見ら

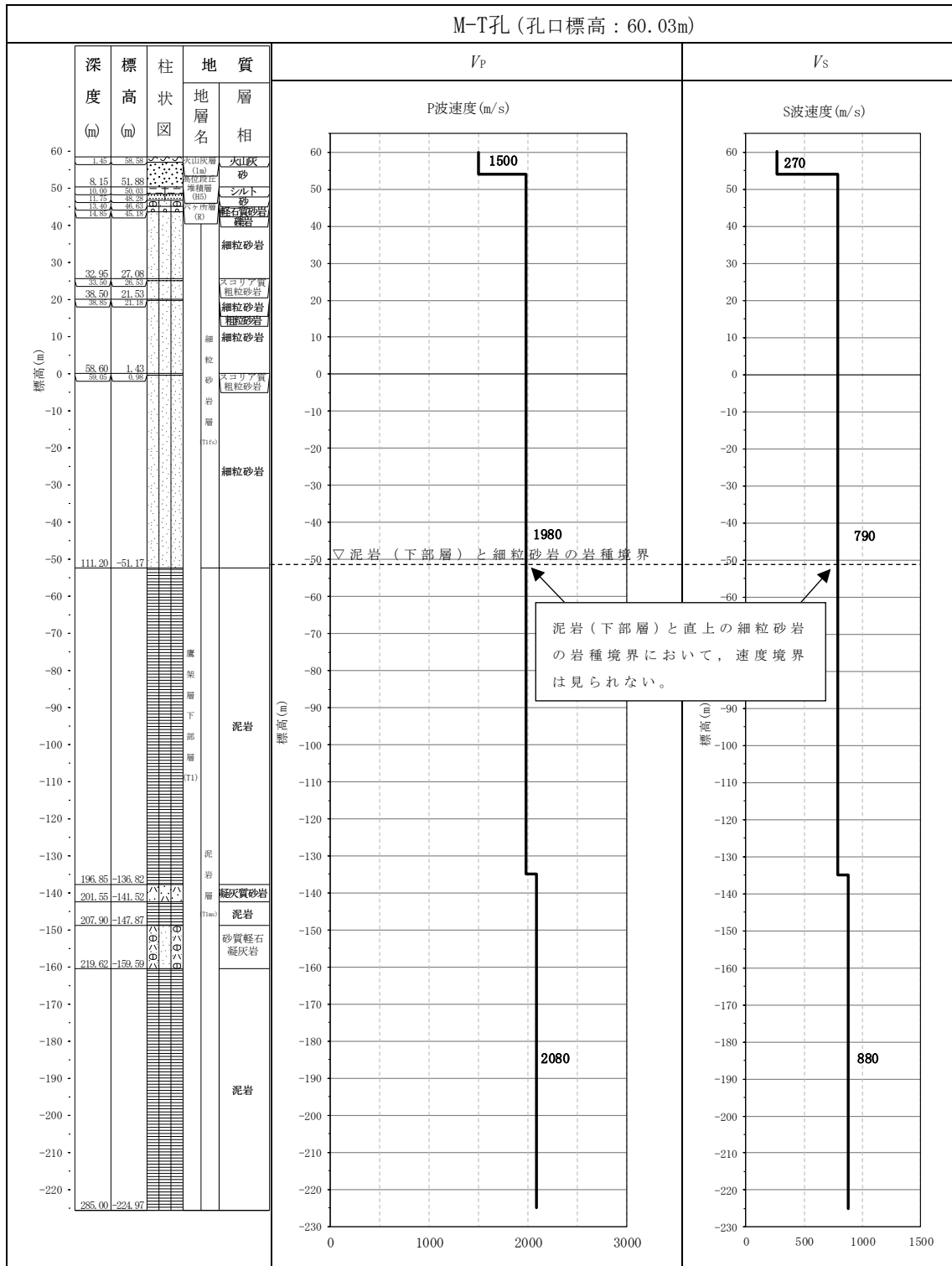
れないと判断できる。F1B基礎については、第3.2-5図(6/7)に示すF1B基礎直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、F1B基礎近傍のL-T孔と同様な岩種の分布となっており、断層の影響は見られないと判断できる。

また、F施設周辺グループの物性値の設定に用いた各PS検層結果(第3.2-1図)によると、断層破碎帯は認められないことを確認した。

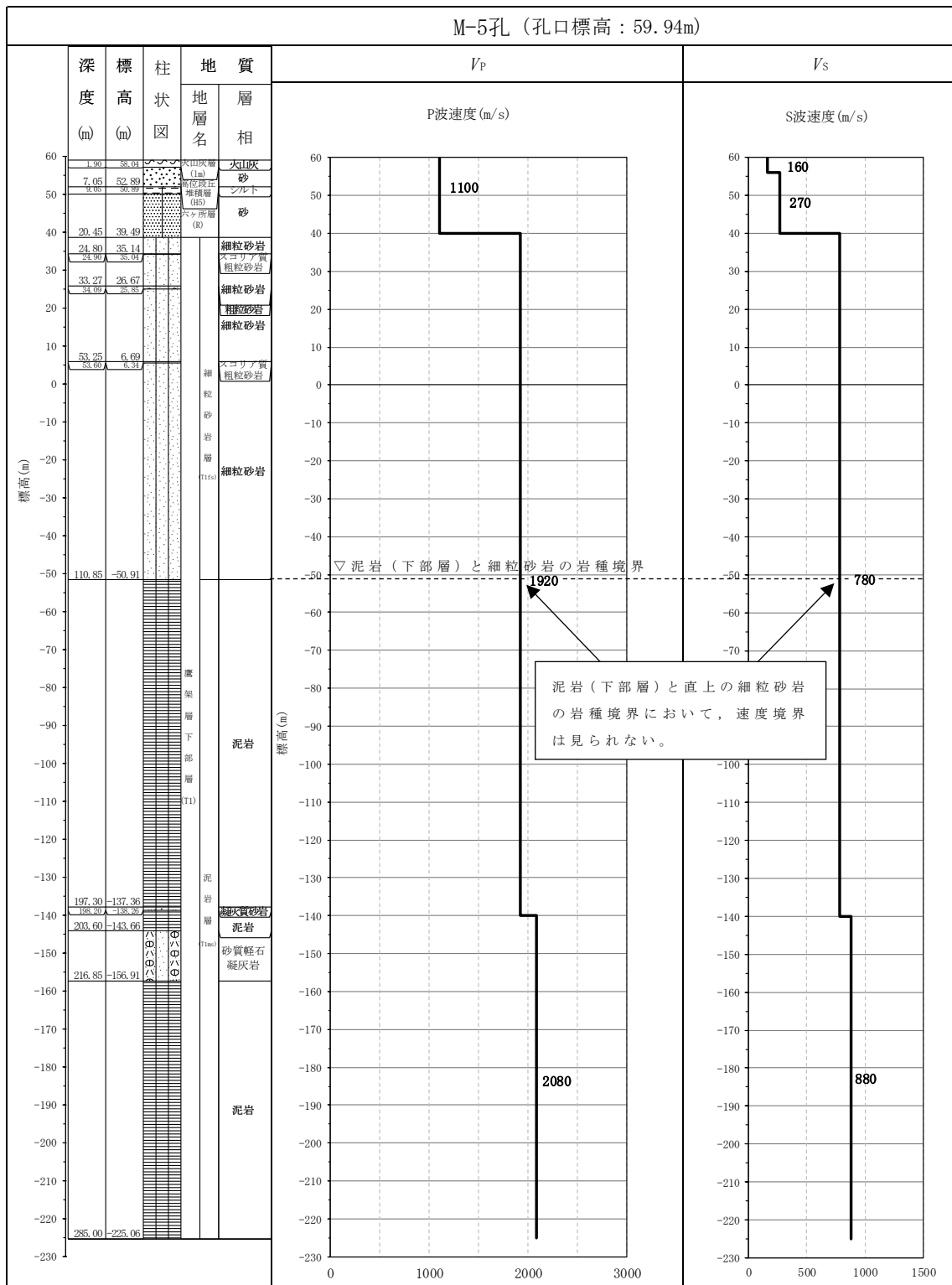
上記のことから、FCT建屋、FB建屋及びF1B基礎については、f-2断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、F施設周辺グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。



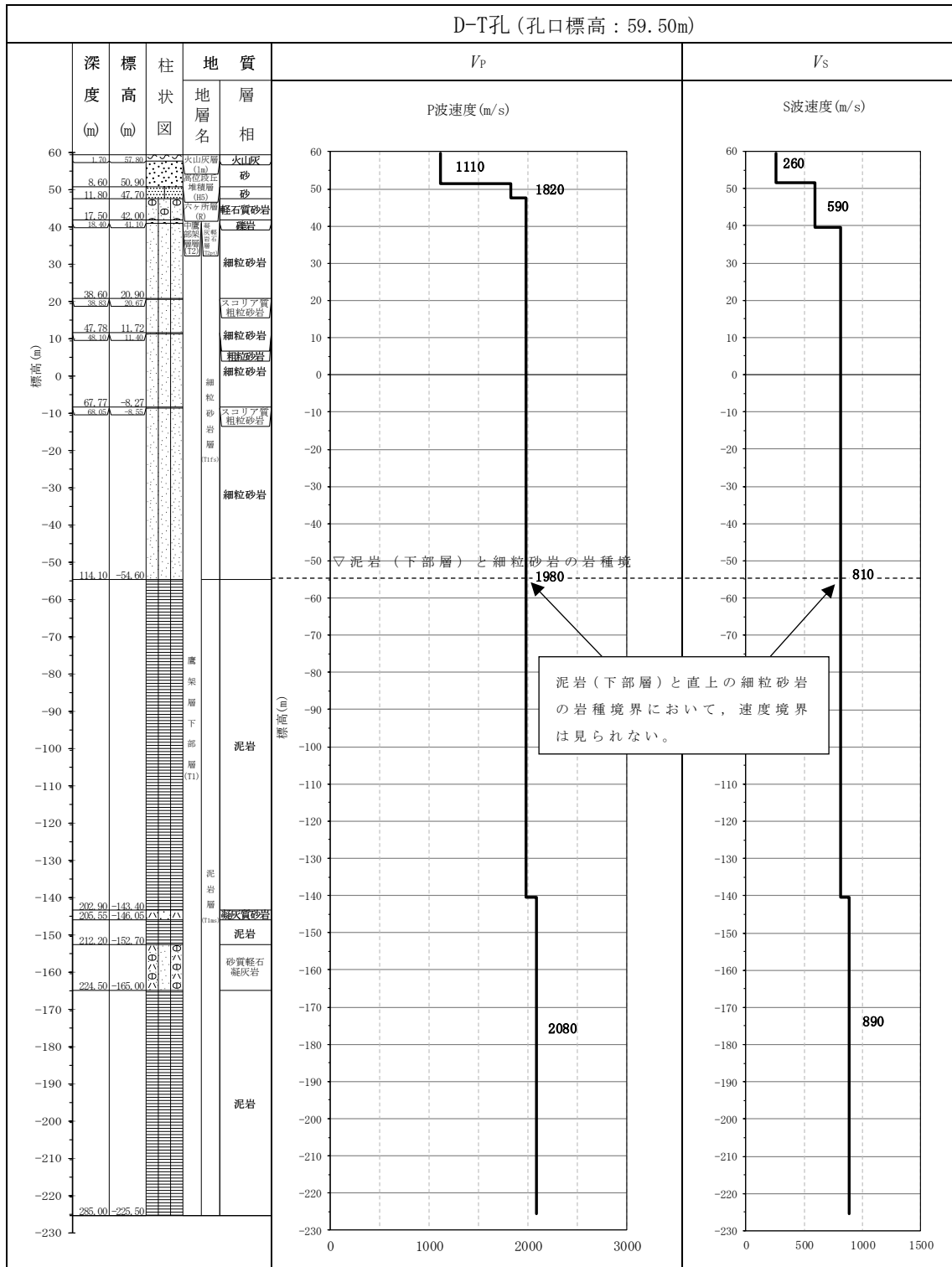
第 3.2-1 図 PS 検層結果 (F 施設周辺グループ) (1/6)



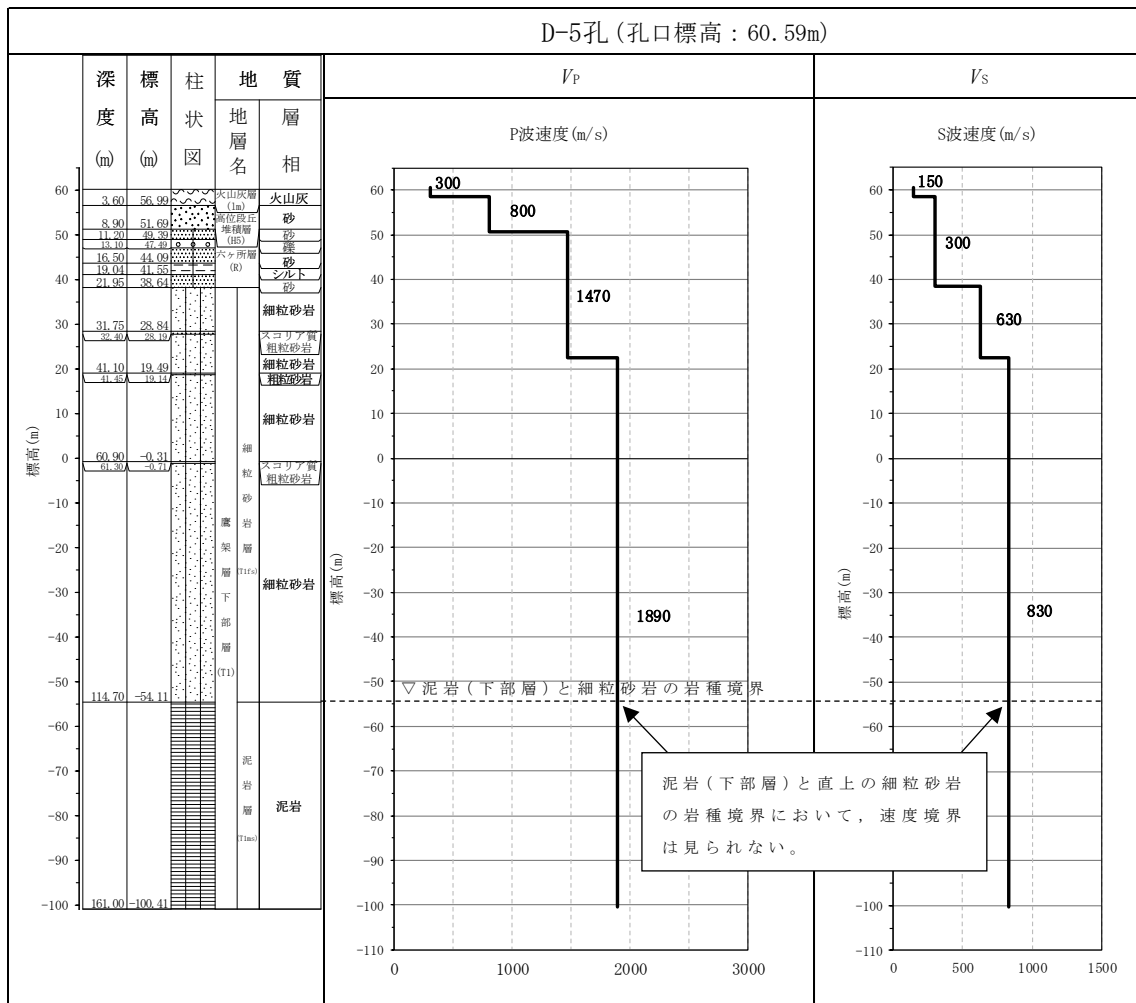
第 3.2-1 図 PS 検層結果 (F 施設周辺グループ) (3/6)



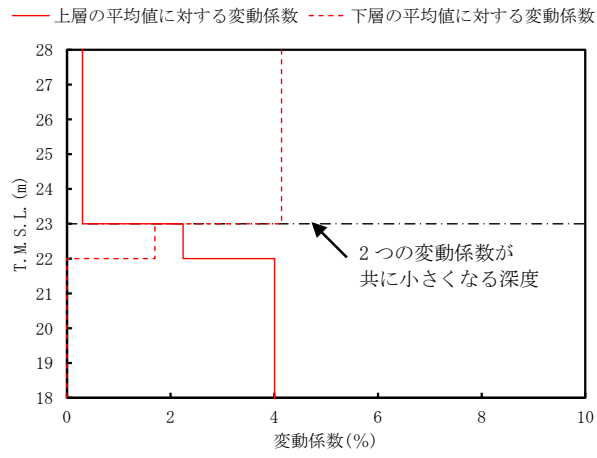
第 3.2-1 図 PS 検層結果 (F 施設周辺グループ) (4/6)



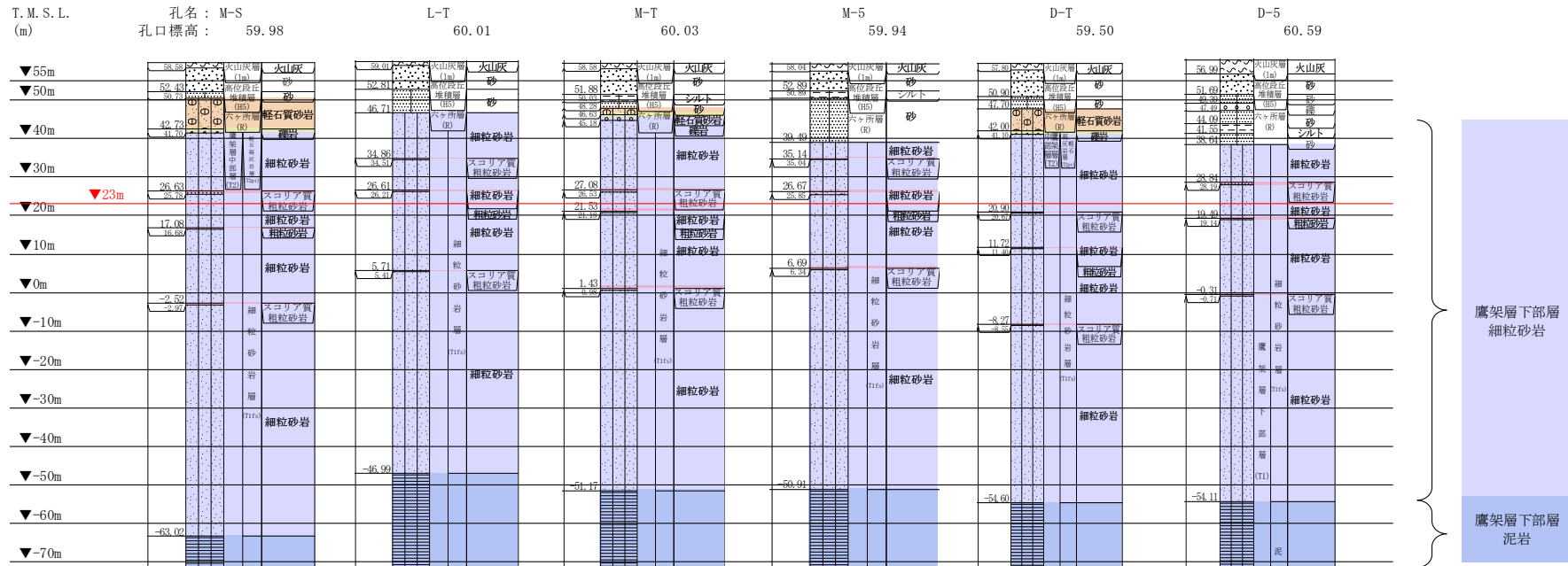
第 3.2-1 図 PS 検層結果 (F 施設周辺グループ) (5/6)



第 3.2-1 図 PS 検層結果 (F 施設周辺グループ) (6/6)



第 3.2-2 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. 23m 付近)

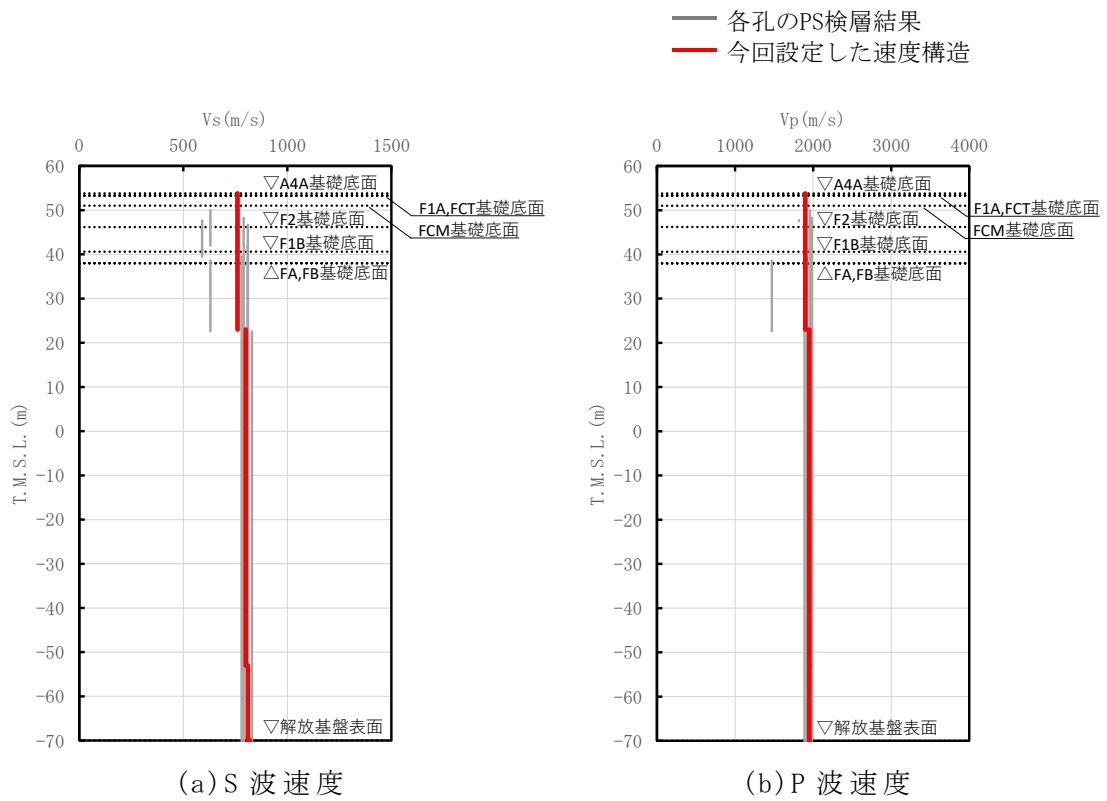


注記 : 赤線は速度境界レベルを示す。

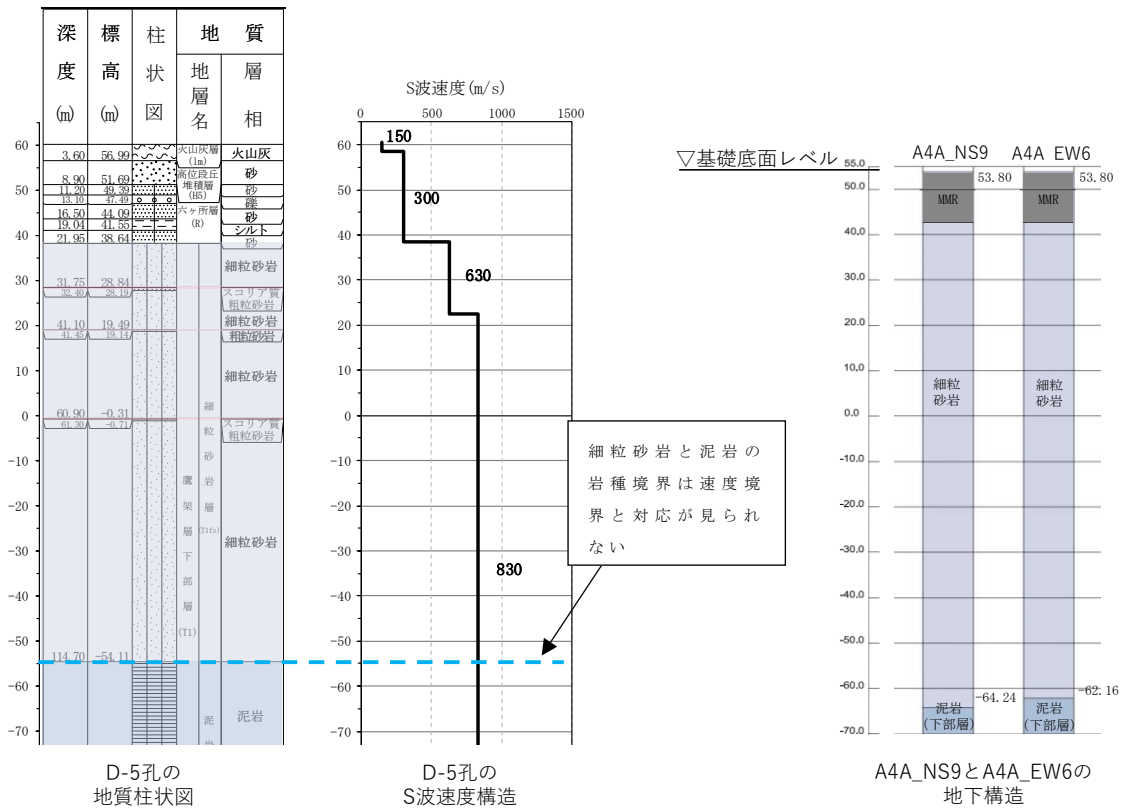
$$\text{岩盤の最上面レベル} = (50.73 \text{ m} + 46.71 \text{ m} + 48.28 \text{ m} + 39.49 \text{ m} + 47.70 \text{ m} + 38.64 \text{ m}) / 6 = 45.26 \text{ m} \approx 45 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{泥岩 (下部層) の上面レベル平均高さ} &= ((-63.02 \text{ m}) + (-46.99 \text{ m}) + (-51.17 \text{ m}) + (-50.91 \text{ m}) + (-54.60 \text{ m}) + (-54.11 \text{ m})) / 6 \\ &= -53.47 \text{ m} \approx -53 \text{ m} \end{aligned}$$

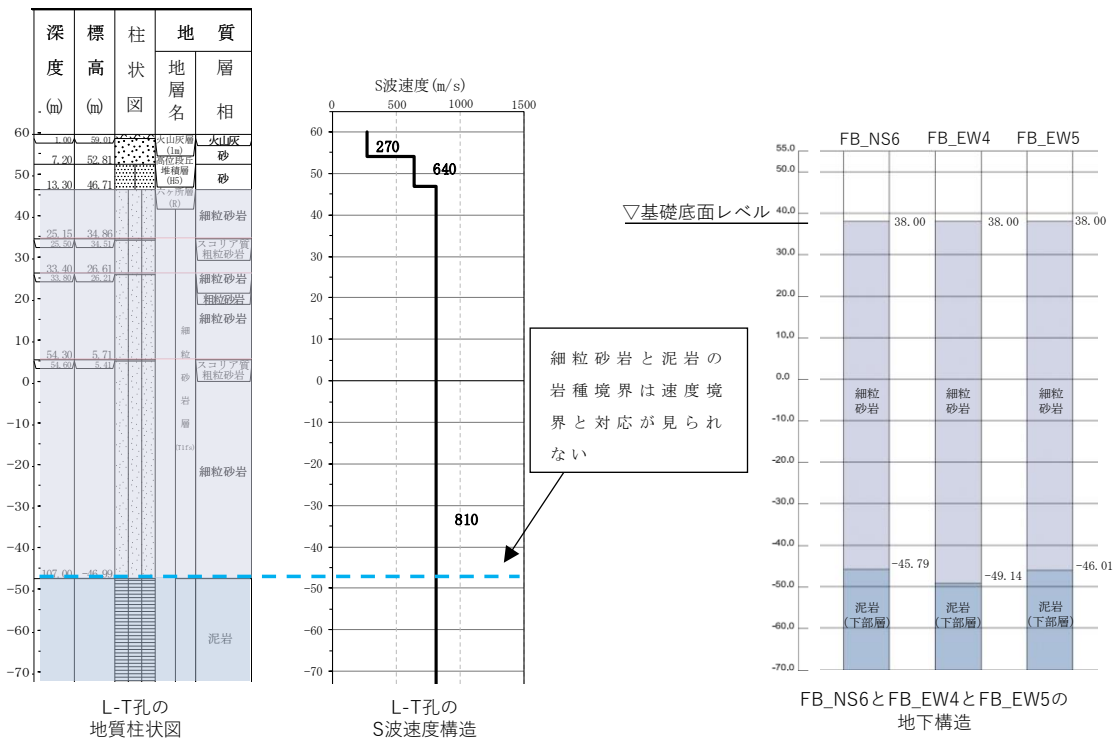
第 3.2-3 図 地質柱状図の比較



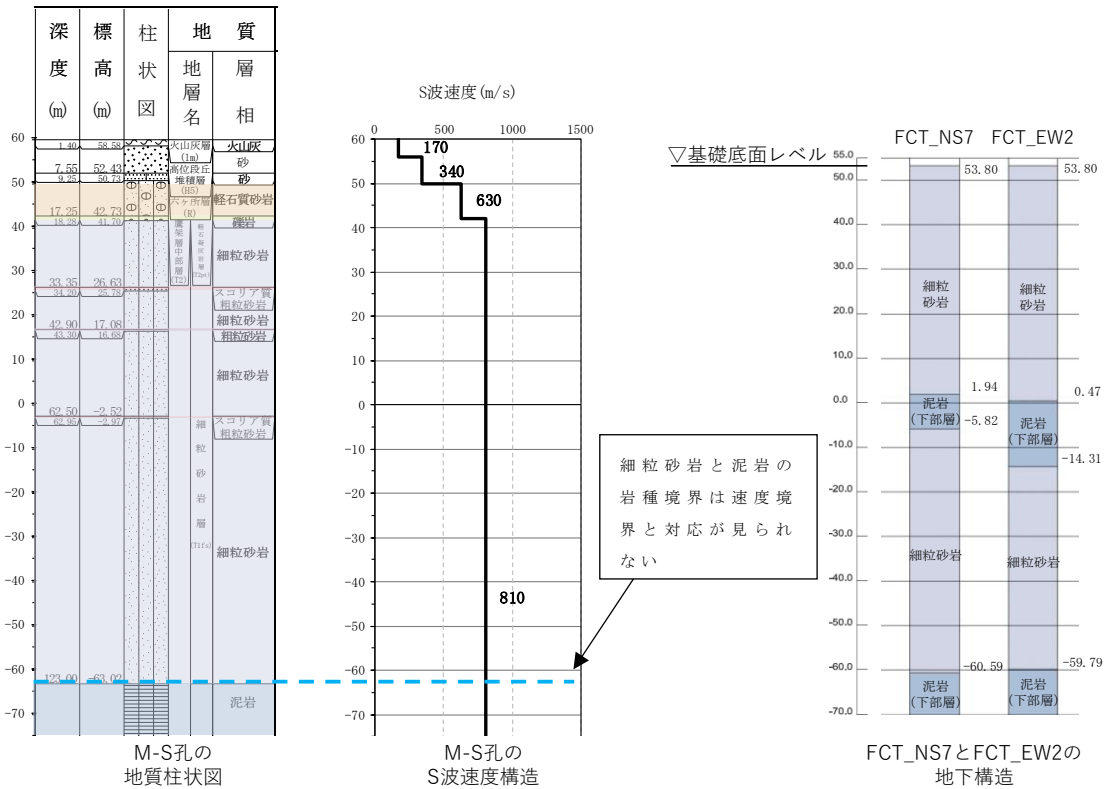
第 3.2-4 図 F 施設周辺グループの速度構造と PS 検層結果の比較



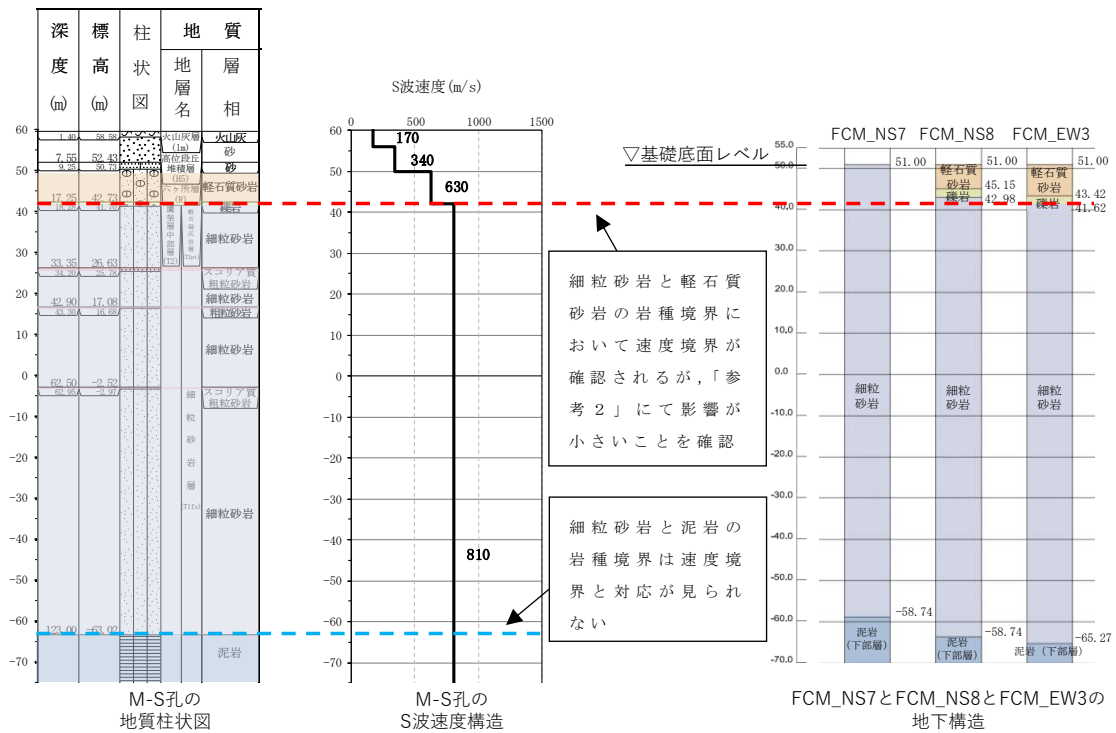
第 3.2-5 図 D-5 孔及び A4A 直下の地下構造及び速度構造の対応 (1/7)



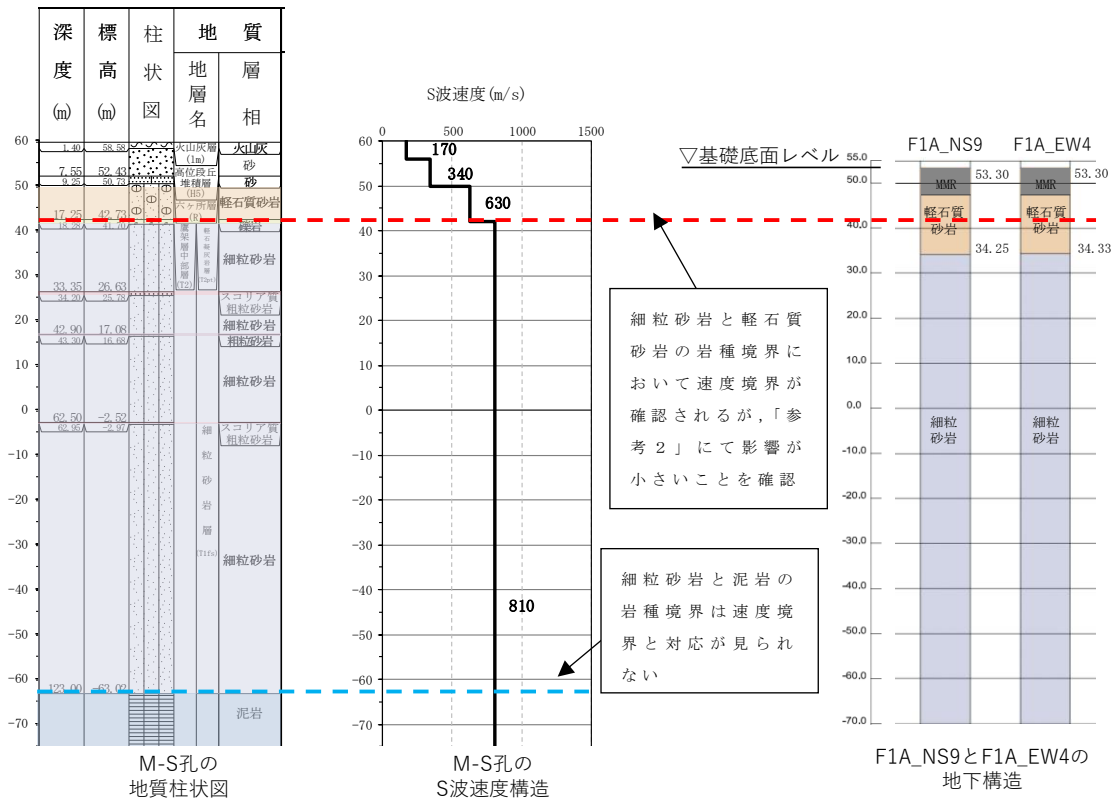
第 3.2-5 図 L-T 孔及び FB 直下の地下構造及び速度構造の対応 (2/7)



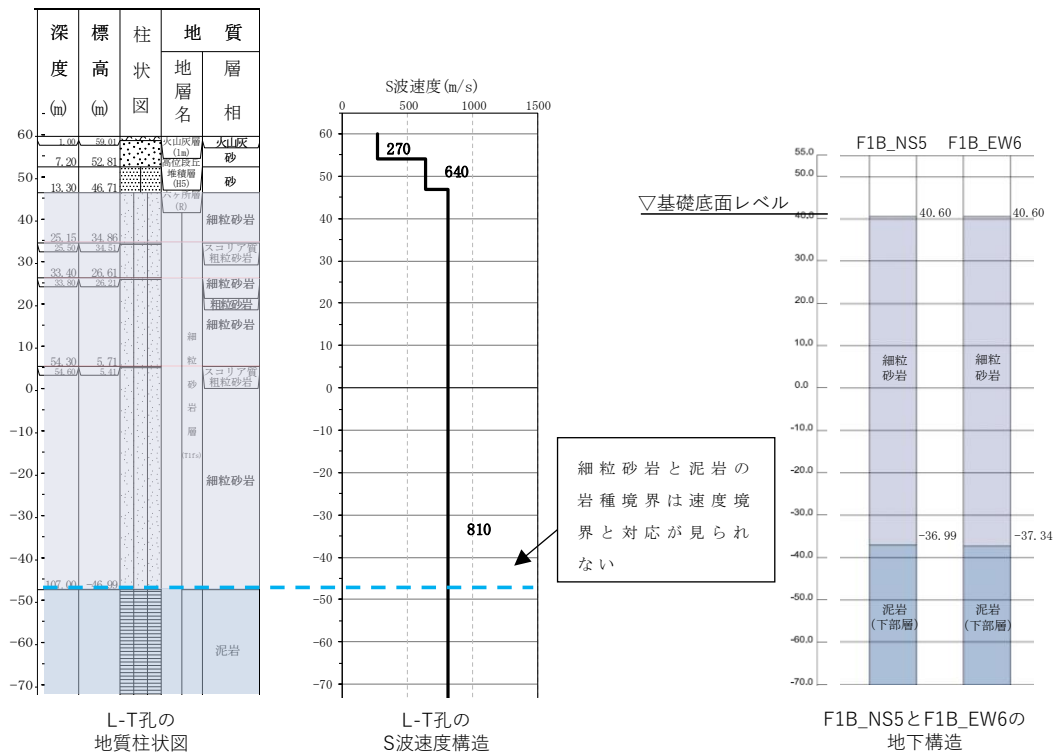
第 3.2-5 図 M-S 孔及び FCT 直下の地下構造及び速度構造の対応 (3/7)



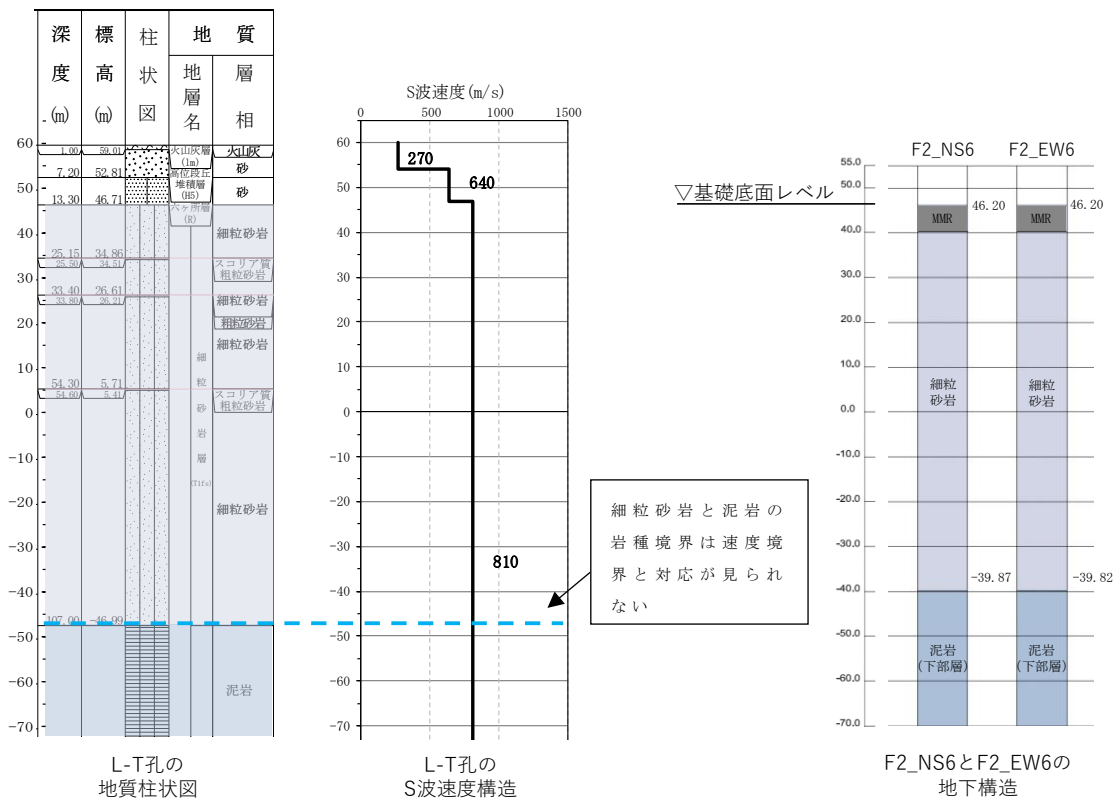
第 3.2-5 図 M-S 孔及び FCM 直下の地下構造及び速度構造の対応 (4/7)



第 3.2-5 図 M-S 孔及び F1A 直下の地下構造及び速度構造の対応 (5/7)



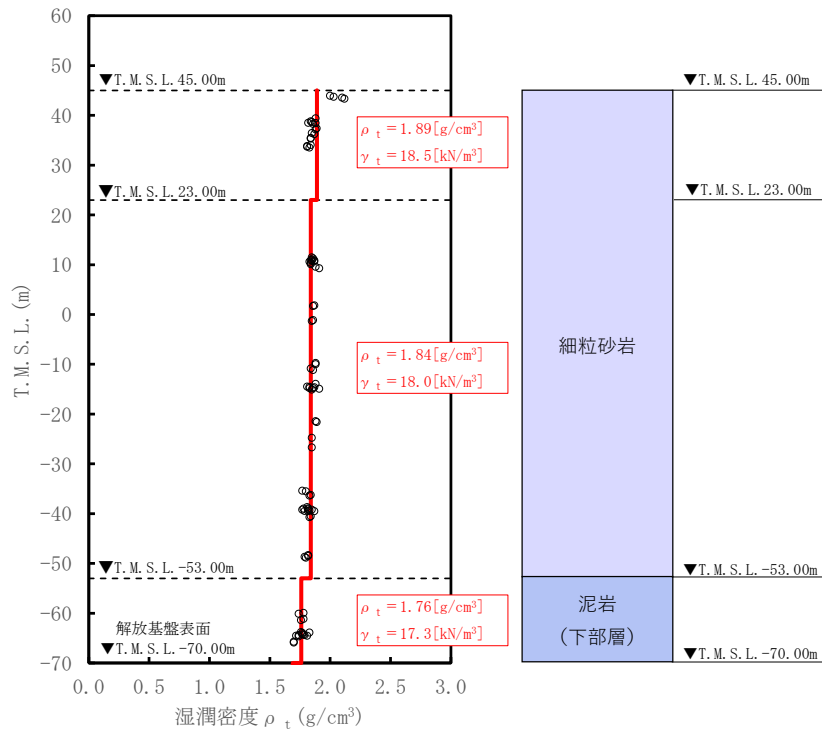
第 3.2-5 図 L-T 孔及び F1B 直下の地下構造及び速度構造の対応 (6/7)



第 3.2-5 図 L-T 孔及び F2 直下の地下構造及び速度構造の対応 (7/7)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は，第 3.2-6 図に示すとおり，速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき，各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。
 γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.2-6 図 単位体積重量の設定結果

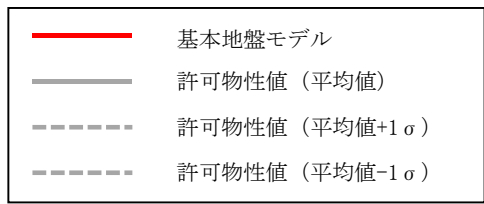
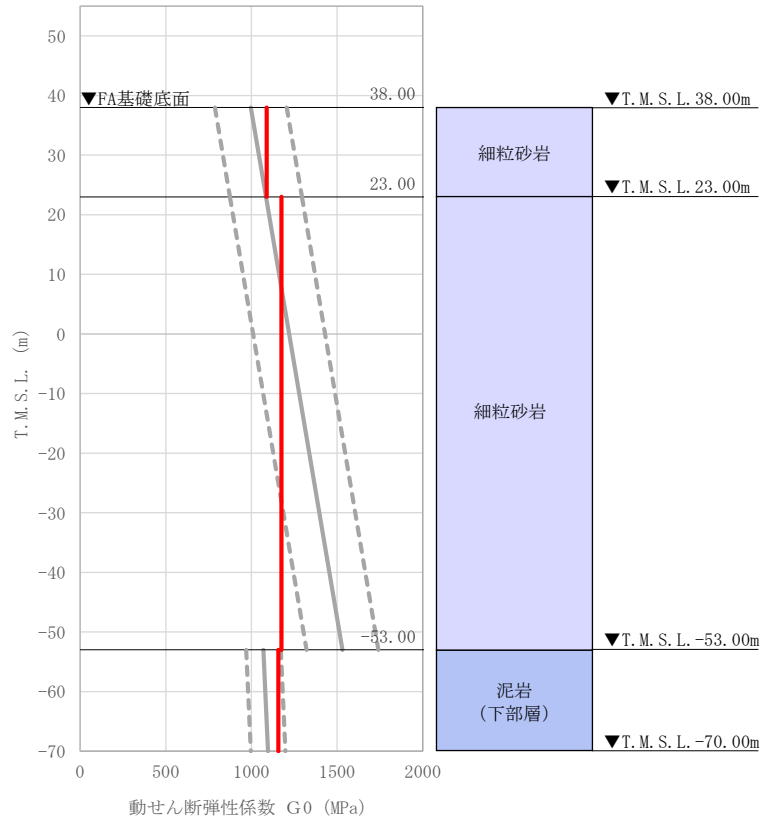
(3) 地盤物性値の設定結果

F 施設周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.2-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.2-7 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.2-1 表 F 施設周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽A4A基礎底面 53.80				
▽F1A, FCT基礎底面 53.30	細粒砂岩	18.5	760	1900
▽FCM基礎底面 51.00				
▽F2基礎底面 46.20				
▽F1B基礎底面 40.60				
▽FA, FB基礎底面 38.00				
23.00		18.0	800	1950
-53.00	泥岩 (下部層)	17.3	810	1950
▽解放基盤表面 -70.00	—	17.3	810	1950



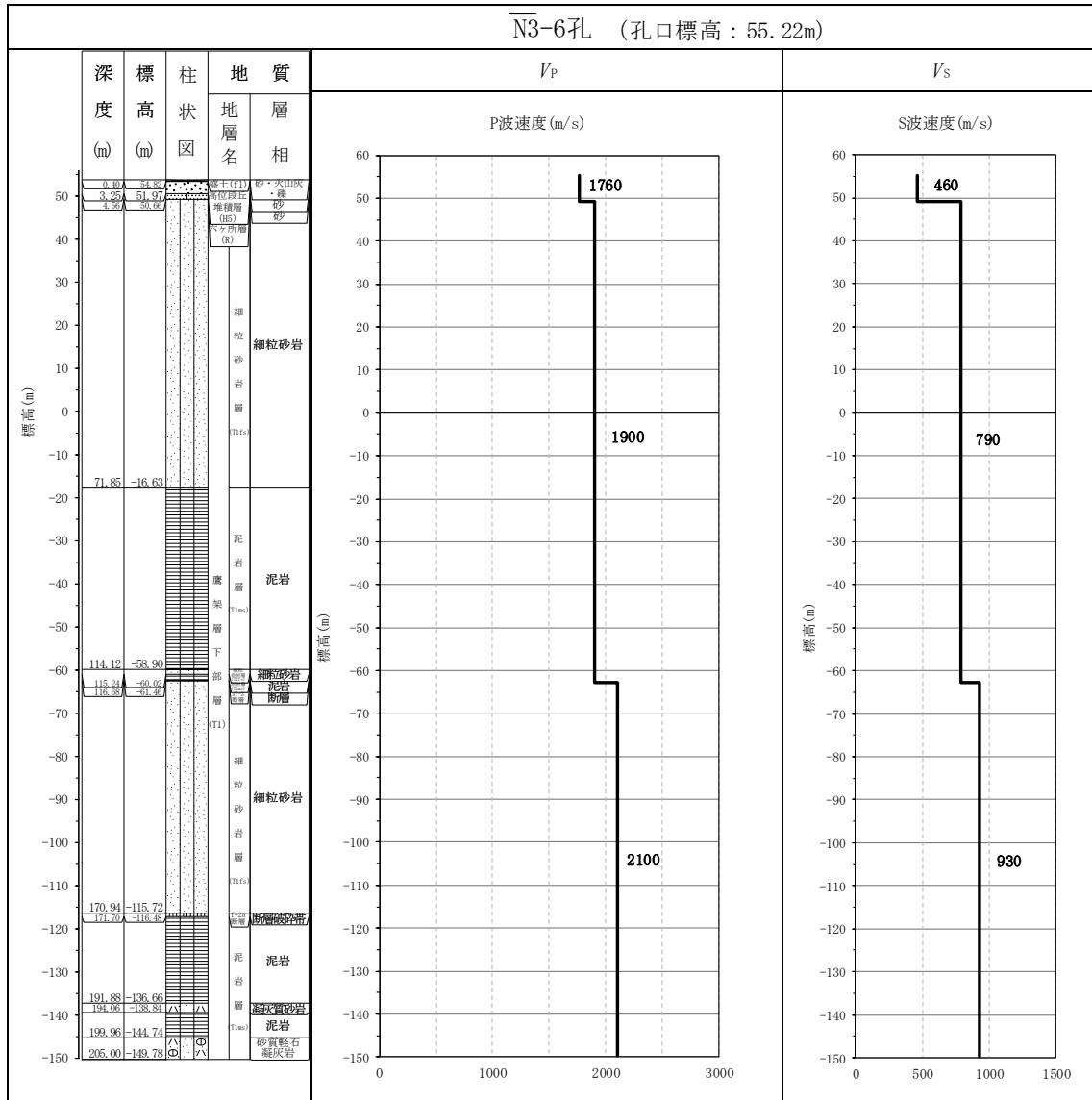
注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.2-7 図 せん断弾性係数の設定結果

3.3 AE グループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す AE グループの PS 検層結果 (N3_-6) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.3-1 図に示す。

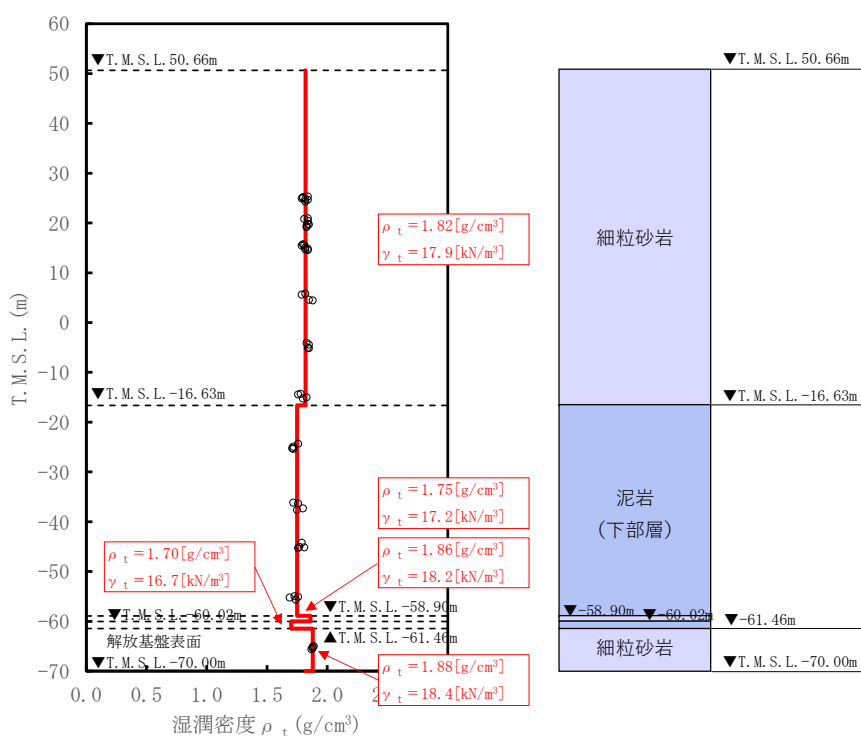


第 3.3-1 図 PS 検層結果 (AE グループ)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.3-2 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T.M.S.L. -58.90m～-64.00m における薄層の細粒砂岩及び泥岩（下部層）については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.3-2 図 単位体積重量の設定結果

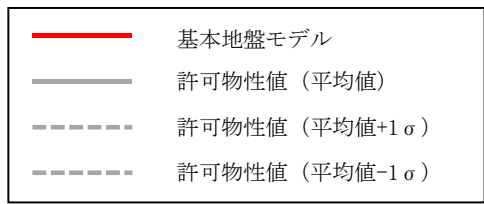
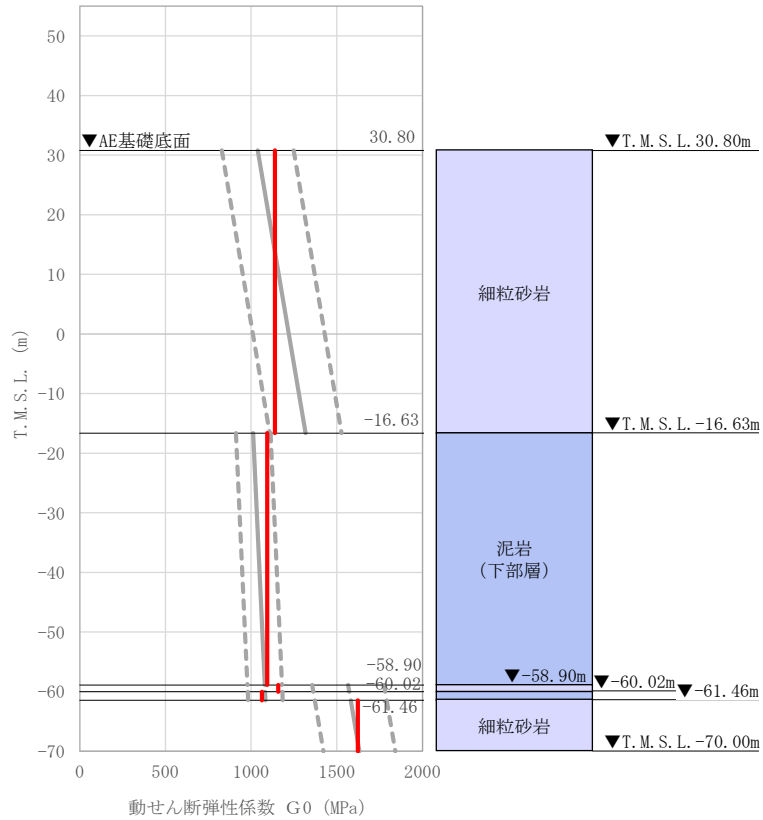
(3) 地盤物性値の設定結果

AE グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.3-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.3-3 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.3-1 表 AE グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽AE基礎底面				
30.80	細粒砂岩	17.9	790	1900
-16.63	泥岩 (下部層)	17.2	790	1900
-58.90	細粒砂岩	18.2	790	1900
-60.02	泥岩 (下部層)	16.7	790	1900
-61.46	細粒砂岩	18.4	930	2100
▽解放基盤表面				
-70.00	—	18.4	930	2100



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.3-3 図 せん断弾性係数の設定結果

3.4 AGグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す AG グループの PS 検層結果 (L-4, D-4) により設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.4-1 図に示す。

速度境界の探査の結果、第 3.4-2 図及び第 3.4-3 図に示すとおり、T.M.S.L. 9m 及び T.M.S.L. -35m を境に上層の S 波速度平均値に対する変動係数と下層の S 波速度の平均値に対する変動係数が共に急変することから、上記 2 つの標高を速度境界として設定する。

なお、第 3.4-4 図に示す地質柱状図の比較結果のとおり、泥岩 (下部層) の上面レベルの平均高さは T.M.S.L. -37m であることを踏まえ、T.M.S.L. -35m の速度境界については、泥岩 (下部層) の上面レベルの平均高さに補正した。

上記に基づき設定した AG グループの速度構造及び PS 検層結果の比較を第 3.4-5 図に示す。

なお、再処理施設の第 1 回設工認申請における安全冷却水 B 冷却塔 (A4B) については、直下で速度構造データが得られていないことを踏まえ、近傍の PS 検層孔のうち、速度構造に着目してコントラストが大きい AG 直下の PS 検層孔である L-4 孔を選定した。今回、AG グループにおける岩盤部分の物性値等の設定を行うにあたり、「2.2 岩盤部分の物性値等の設定方法」に示す PS 検層結果選定の考え方のとおり、建物・構築物直下の PS 検層結果を選定する方針としており、AG グループについては、基準地震動 S_s により評価を行う施設として、AG 建屋のみならず AH 建屋及び AK 建屋が含まれていることを踏まえ、AG 直下の PS 検層孔である L-4 孔に加え、AG 建屋に隣接する AK 建屋の近傍孔である D-4 孔を選定している。

AG グループの建物・構築物のうち、AH 建屋及び AK 建屋については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.4-6 図に示すように、その建物・構築物直下の地下構造と近傍の PS 検層結果と比較を行い、PS 検層結果を基に設定した物性値をその建物・構築物に適用できることを確認する。

第 3.4-6 図に示すとおり、AH 建屋及び AK 建屋直下の地下構造について、近傍の PS 検層孔である L-4 孔と比較を行った。L-4 孔では細粒砂岩

と泥岩(下部層)における岩種境界レベルに速度境界が確認されたため、AH 建屋及び AK 建屋直下の地下構造の細粒砂岩と泥岩(下部層)の分布に着目する。

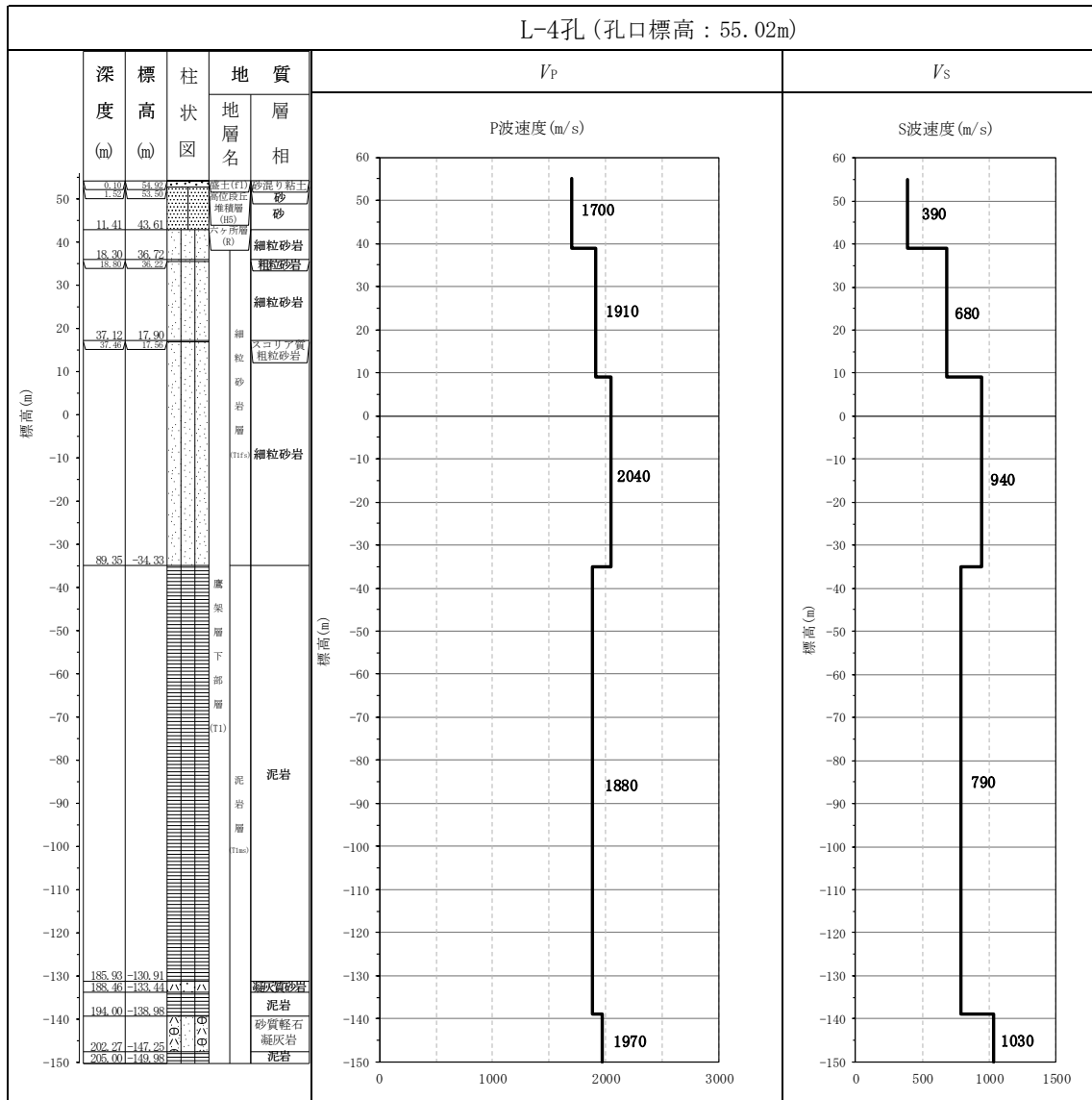
第 3.4-6 図より AH 建屋及び AK 建屋近傍の PS 検層結果と比較した結果、岩種境界レベルに差が見られるため、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。「参考 2」より、AH 建屋については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.523s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.525~0.527s の範囲であり、また、AK 建屋については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.546s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.546~0.547s の範囲であり、地下構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。

上記のことから、AH 建屋及び AK 建屋については、AG グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

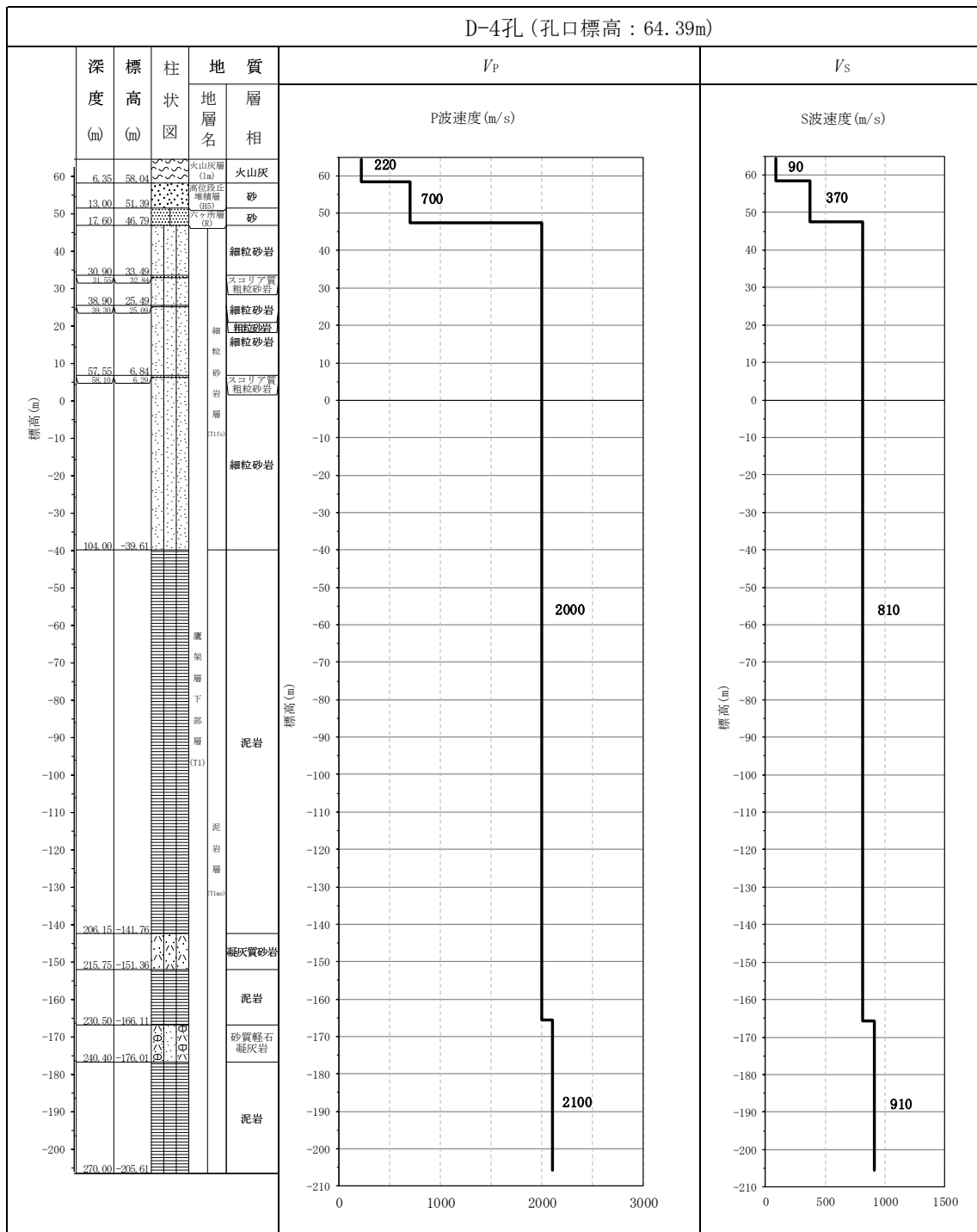
速度構造の設定にあたり、AG グループの建物・構築物のうち、AK 建屋については、f-1 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。AK 建屋については、第 3.4-6 図(2/2)に示す AK 建屋直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、AK 建屋近傍の L-4 孔と同様な岩種の分布となっており、断層の影響は見られないと判断できる。

また、AG グループの物性値の設定に用いた各 PS 検層結果(第 3.4-1 図)によると、断層破碎帯は認められないことを確認した。

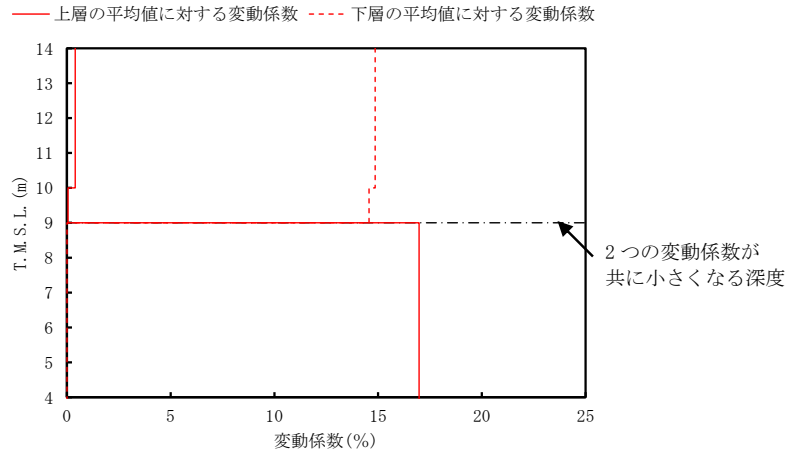
上記のことから、AK 建屋については、f-1 断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、AG グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。



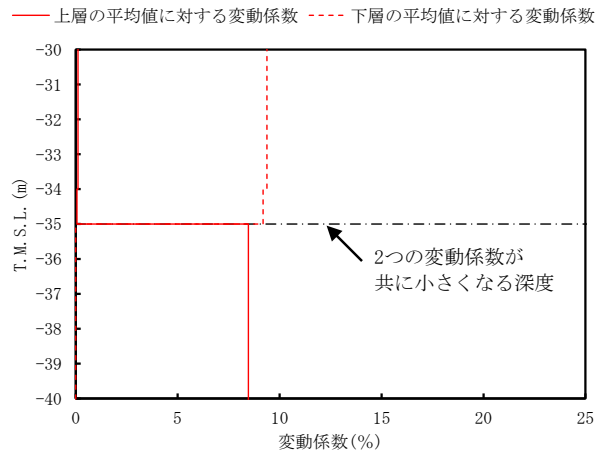
第 3.4-1 図 PS 検層結果 (AG グループ) (1/2)



第 3.4-1 図 PS 検層結果 (AG グループ) (2/2)



第 3.4-2 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. 9m 付近)

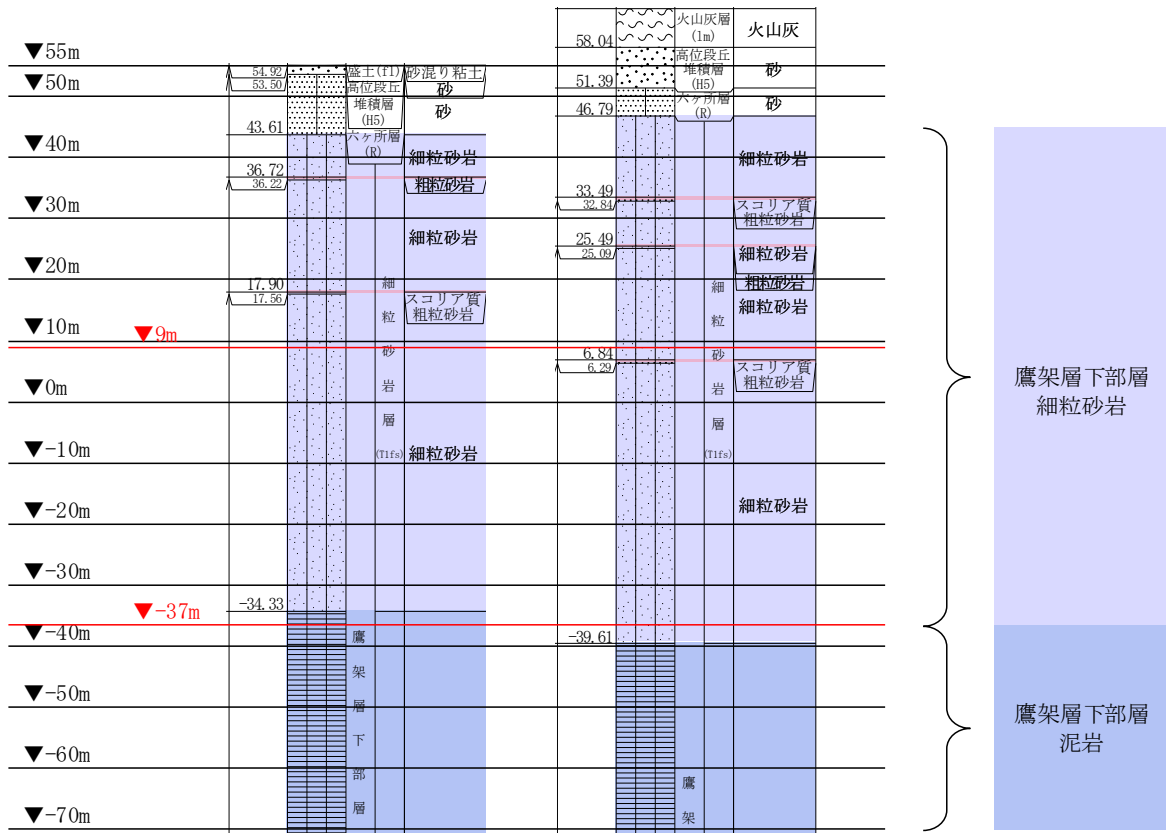


第 3.4-3 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -35m 付近)

T. M. S. L.
(m)

孔名 : L-4
孔口標高 : 55.02

D-4
64.39



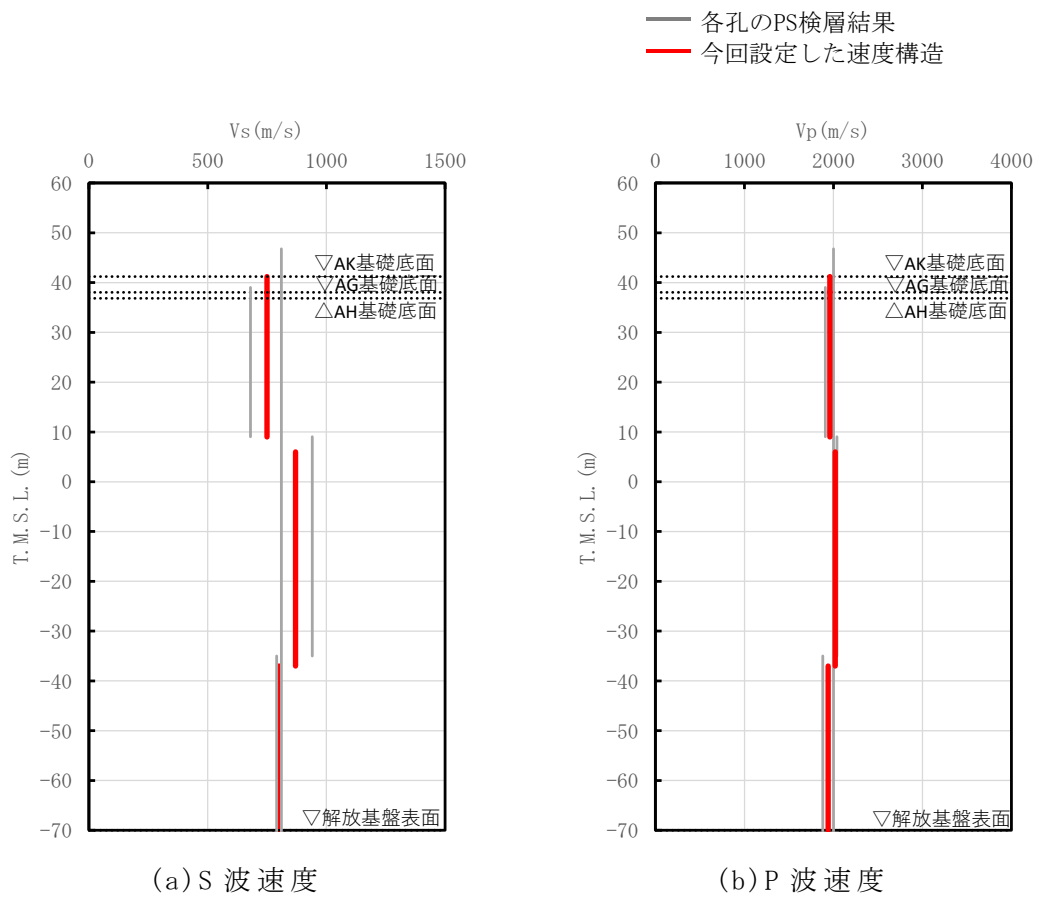
注記 : 赤線は速度境界レベルを示す。

岩盤の最上面レベル = $(43.61 \text{ m} + 46.79 \text{ m}) / 2 = 45.20 \text{ m} \approx 45 \text{ m}$

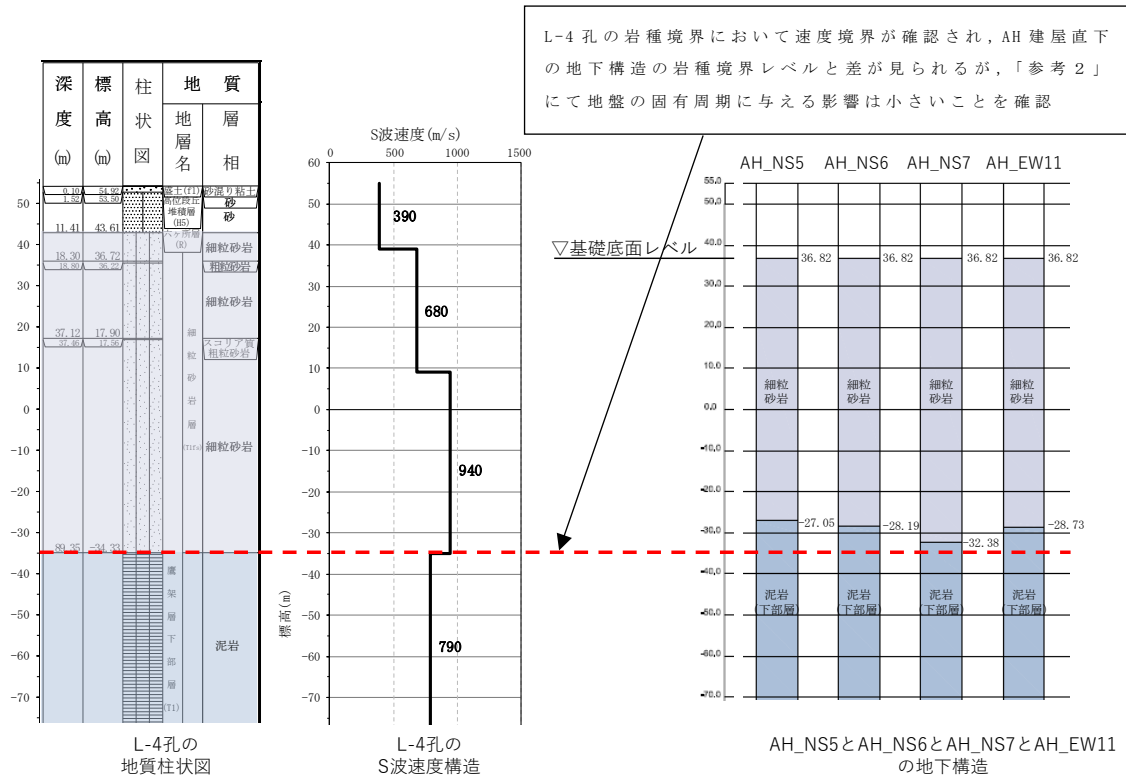
泥岩 (下部層) の上面レベル平均高さ = $((-34.33 \text{ m}) + (-39.61 \text{ m})) / 2$

$= -36.97 \text{ m} \approx -37 \text{ m}$

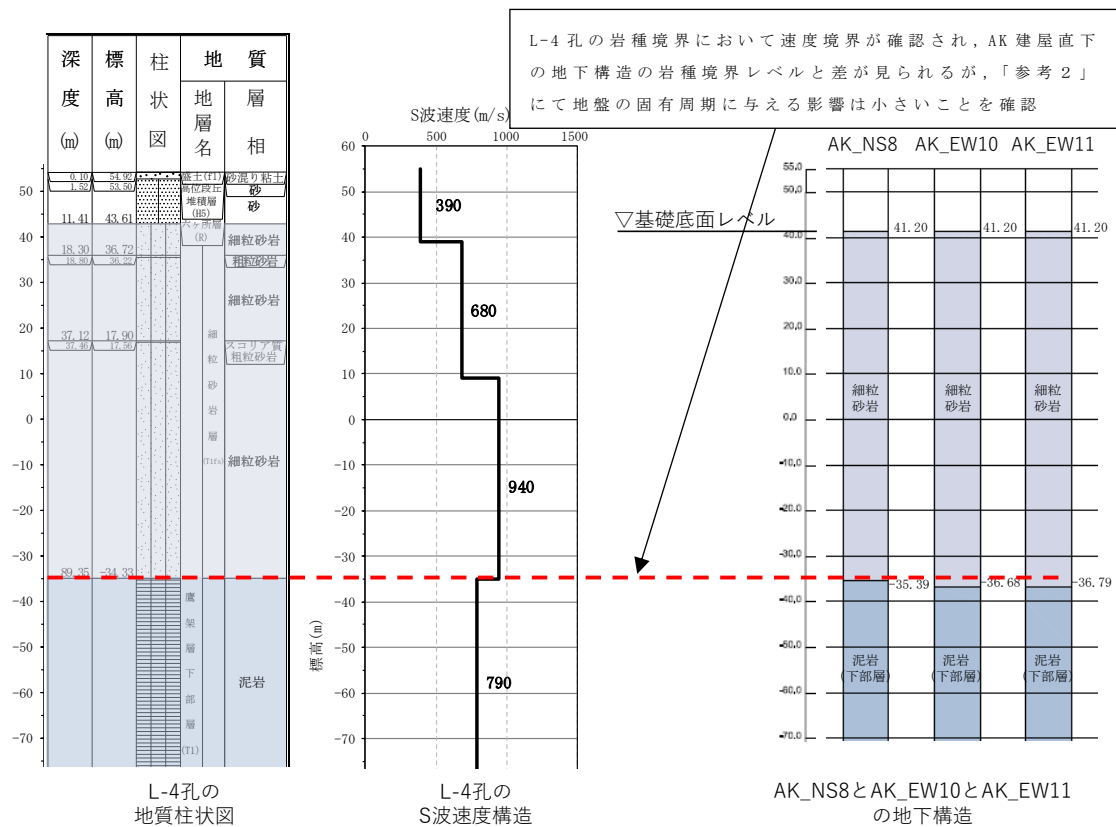
第 3.4-4 図 PS 検層孔の地質柱状図



第 3.4-5 図 AG グループの速度構造と PS 検層結果の比較



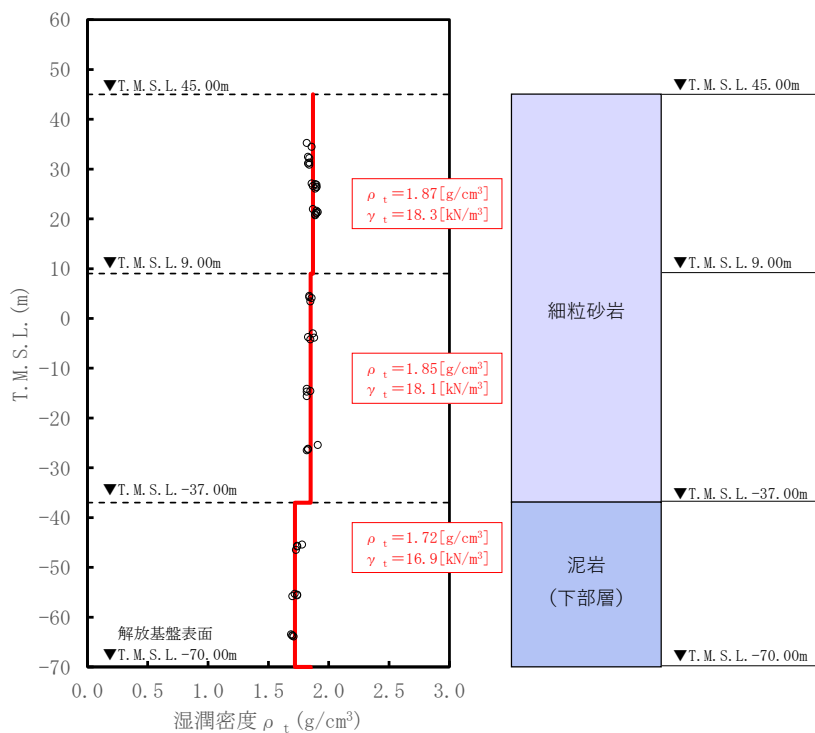
第 3.4-6 図 L-4 孔及び AH 直下の地下構造及び速度構造の対応 (1/2)



第 3.4-6 図 L-4 孔及び AK 直下の地下構造及び速度構造の対応 (2/2)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は，第 3.4-7 図に示すとおり，速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき，各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.4-7 図 単位体積重量の設定結果

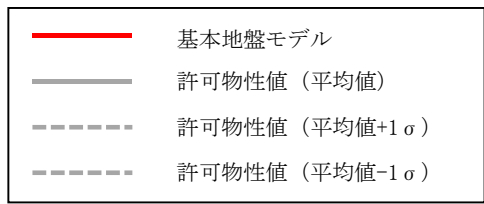
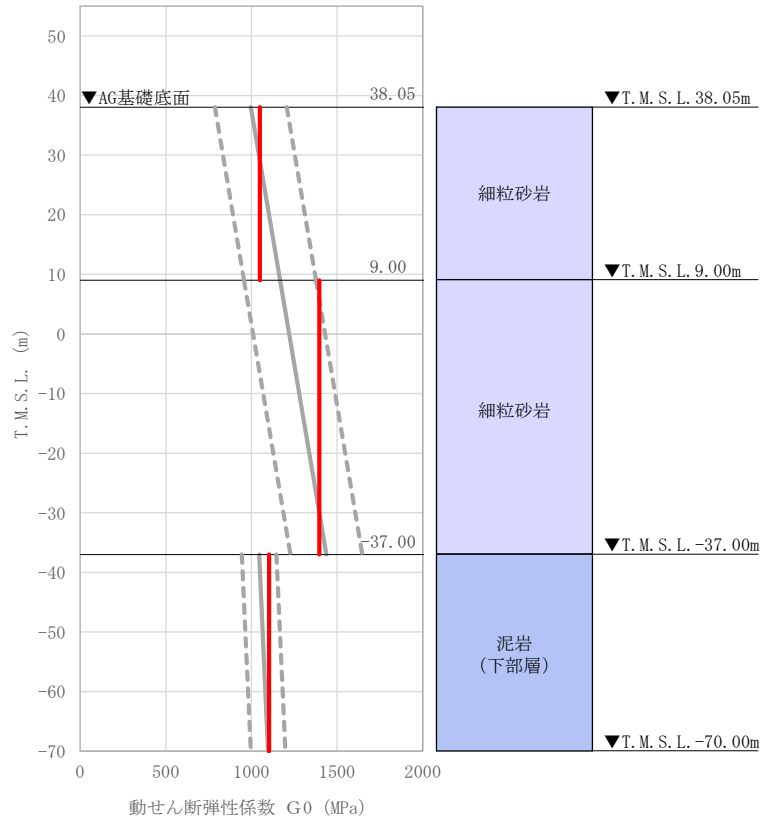
(3) 地盤物性値の設定結果

AGの直下又は近傍のPS検層結果に基づいて設定した物性値を第3.4-1表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第3.4-8図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第3.4-1表 AGの直下又は近傍のPS検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)
▽AK基礎底面 41.20				
▽AG基礎底面 38.05	細粒砂岩	18.3	750	1960
▽AH基礎底面 36.82				
9.00				
-37.00	泥岩(下部層)	18.1	870	2020
▽解放基盤表面 -70.00		16.9	800	1940
	—	16.9	800	1940



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.4-8 図 せん断弾性係数の設定結果

3.5 GAグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す GA グループの PS 検層結果 (K-V) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.5-1 図に示す。

なお、GA 周辺の建物・構築物については、鷹架層上面レベルの高さ (T.M.S.L. 45.52m) よりも浅部に設置されるが、基礎直下には MMR が施工されている。MMR 部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定した。

GA グループの建物・構築物のうち、G10 基礎及び GAT 基礎については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.5-2 図に示すように、G10 基礎及び GAT 基礎直下の地下構造と GA グループの PS 検層結果 (K-V) を比較し、PS 検層結果 (K-V) を基に設定した物性値を G10 基礎及び GAT 基礎に適用できることを確認する。

PS 検層結果 (K-V) に着目すると速度境界は細粒砂岩と泥岩(下部層)の岩種境界レベルに対応しており、薄層の粗粒砂岩については、その分布深さと速度境界に対応は見られないことから、細粒砂岩と泥岩(下部層)の分布状況に着目する。

第 3.5-2 図より G10 基礎及び GAT 基礎の地下構造は細粒砂岩及び泥岩(下部層)が分布しており、地下構造の特徴は K-V 孔と同等となっている。ただし、細粒砂岩と泥岩(下部層)の岩種境界レベルに違いが見られ、K-V 孔において細粒砂岩と泥岩(下部層)の岩種境界に速度境界が見られるため、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。「参考 2」より、G10 基礎については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.652s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.648~0.654s の範囲であり、また、GAT 基礎については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.618s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.615~0.621s の範囲であり、地下構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。

上記のことから、G10 基礎及び GAT 基礎については、GA グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

速度構造の設定にあたり、GA グループの建物・構築物のうち、G10 基

礎については、f-2 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。G10 基礎については、第 3.5-2 図(1/2)に示す G10 基礎直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、G10 基礎近傍の K-V 孔と同様な岩種の分布となっており、断層の影響は見られないと判断できる。

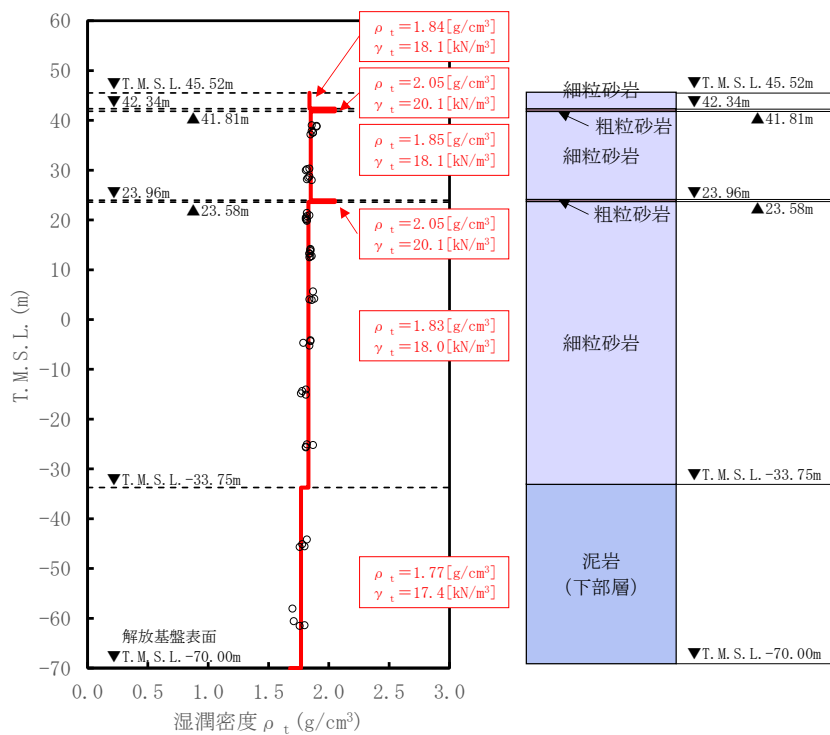
また、GA グループの物性値の設定に用いた各 PS 検層結果（第 3.5-1 図）によると、断層破碎帯は認められないことを確認した。

上記のことから、G10 基礎については、f-2 断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、GA グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.5-3 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T. M. S. L. 42.34m~41.81m 及び T. M. S. L. 23.96m~23.58m における粗粒砂岩については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.5-3 図 単位体積重量の設定結果

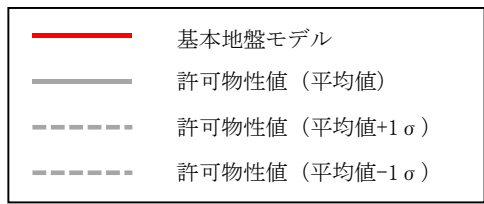
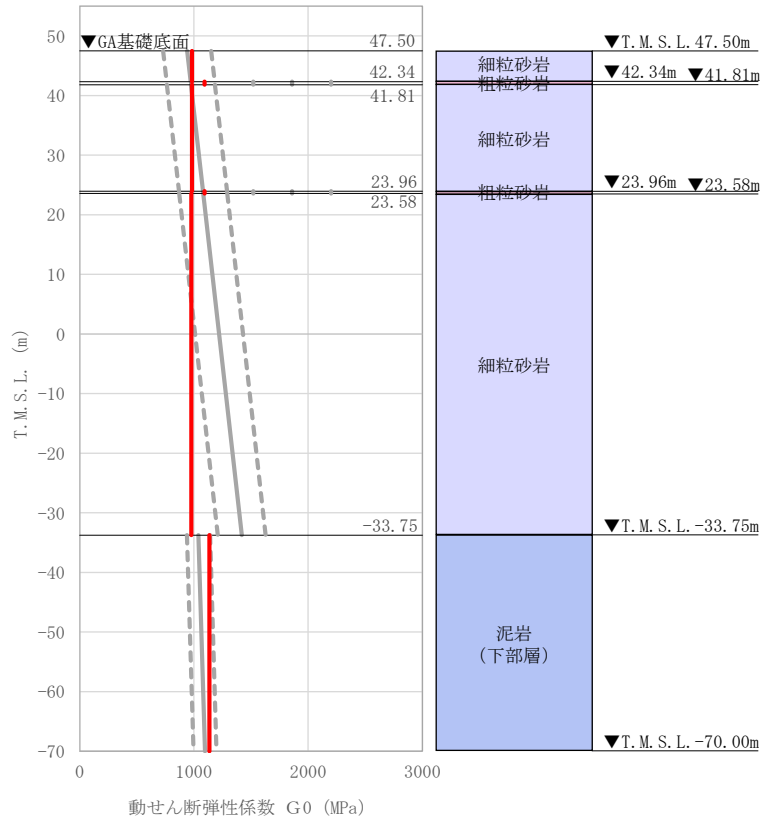
(3) 地盤物性値の設定結果

GA グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.5-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.5-4 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.5-1 表 GA グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽G10基礎底面 52.30				
▽GA基礎底面 47.50	細粒砂岩	18.1	730	1960
▽GAT基礎底面 46.18				
42.34	粗粒砂岩	20.1	730	1960
41.81	細粒砂岩	18.1	730	1960
23.96	粗粒砂岩	20.1	730	1960
23.58	細粒砂岩	18.0	730	1960
-33.75	泥岩 (下部層)	17.4	800	1960
▽解放基盤表面 -70.00				
	—	17.4	800	1960



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.5-4 図 せん断弾性係数の設定結果

3.6 DCグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す DC グループの PS 検層結果 (K_-3) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.6-1 図に示す。

なお、DC グループの建物・構築物のうち、DA 建屋については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.6-2 図に示すように、DA 建屋直下の地下構造と DC グループの PS 検層結果 (K_-3) を比較し、PS 検層結果 (K_-3) を基に設定した物性値を DA 建屋に適用できることを確認する。

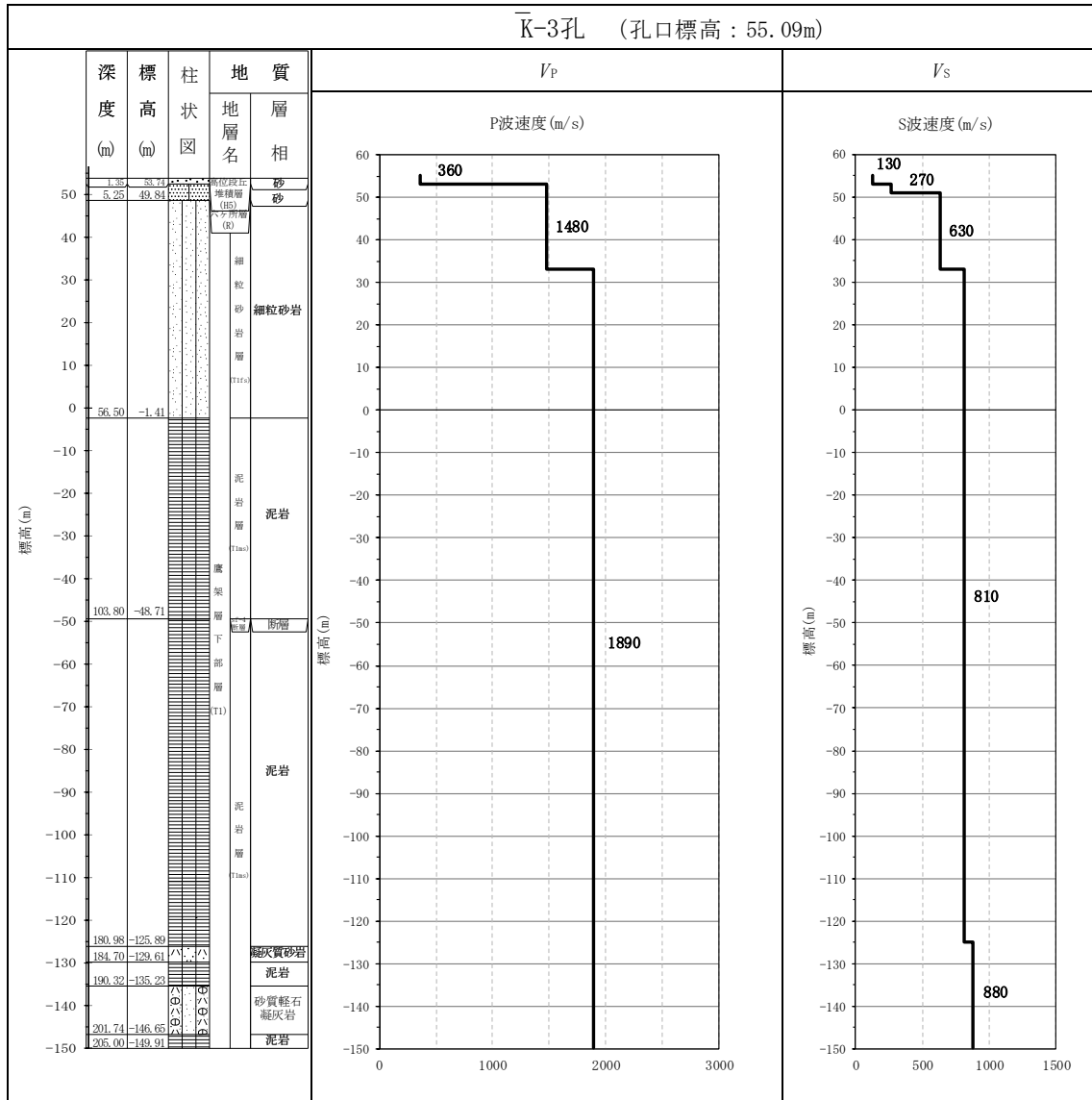
第 3.6-2 図より DA 建屋の地下構造は細粒砂岩及び泥岩（下部層）が分布しており、地下構造の特徴は K_-3 孔と同等となっている。また、細粒砂岩と泥岩（下部層）の岩種境界レベルに違いは見られるが、K_-3 孔において細粒砂岩と泥岩（下部層）の岩種境界に速度境界が見られないことから、速度構造について大きな変化はないと判断した。

上記のことから、DA 建屋については、DC グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

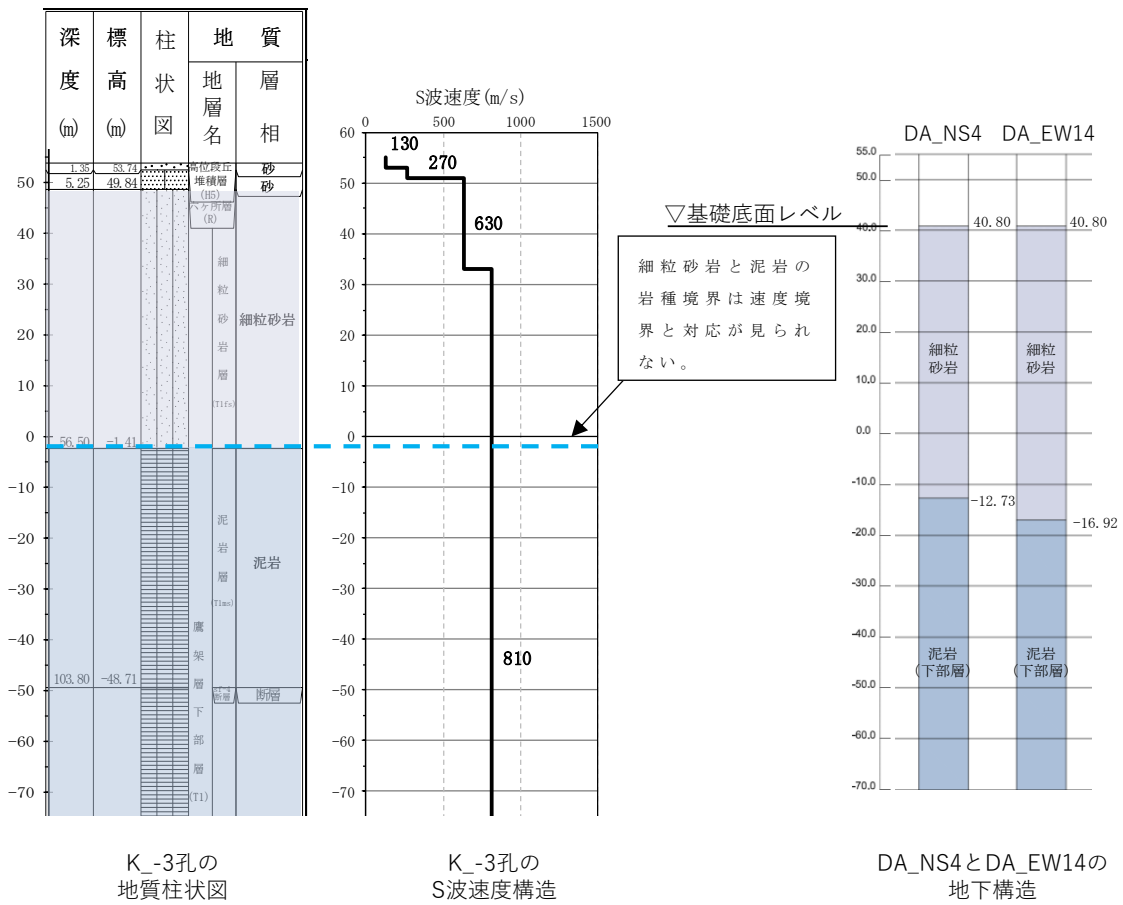
速度構造の設定にあたり、DC グループの建物・構築物のうち、DA 建屋については、f-2 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。DA 建屋については、第 3.6-2 図に示す DA 建屋直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、DA 建屋近傍の K_-3 孔と同様な岩種の分布となっており、断層の影響は見られないと判断できる。

また、DC グループの物性値の設定に用いた各 PS 検層結果（第 3.6-1 図）によると、T.M.S.L.-48.71m の位置において、sf-4 断層が認められるものの、断層の上下に泥岩が連続して分布しており、DA 建屋直下の地下構造（第 3.6-2 図）と比べて差が見られないことを確認した。

上記のことから、DA 建屋については、f-2 断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、DC グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。



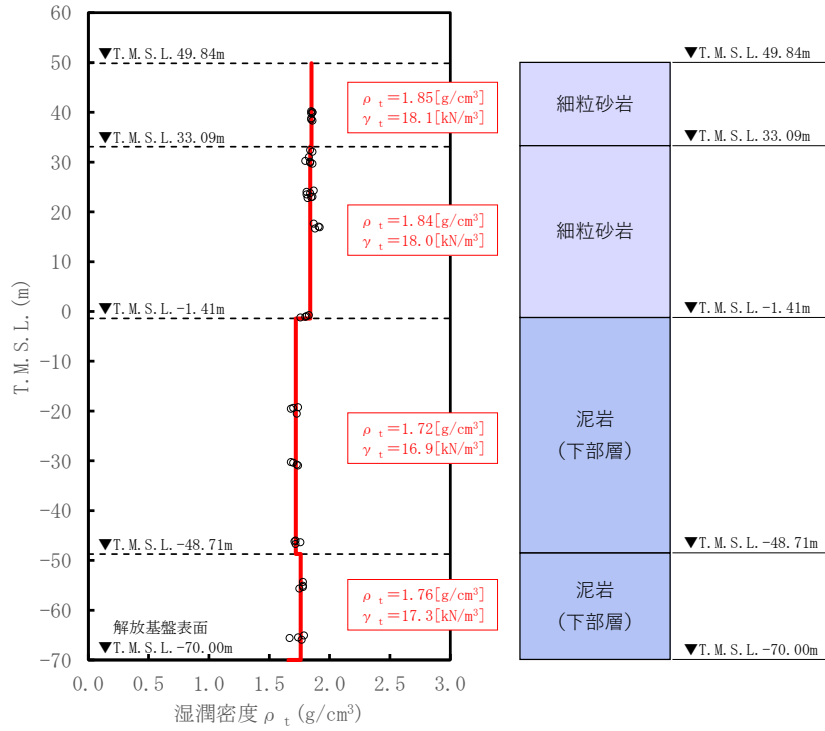
第 3.6-1 図 PS 検層結果 (DC グループ)



第 3.6-2 図 K_-3 孔及び DA 直下の地下構造及び速度構造の対応

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.6-3 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.6-3 図 単位体積重量の設定結果

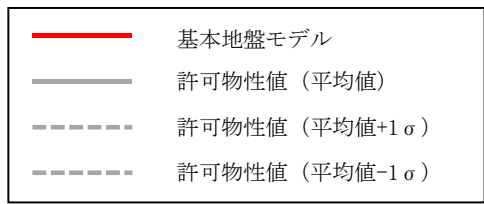
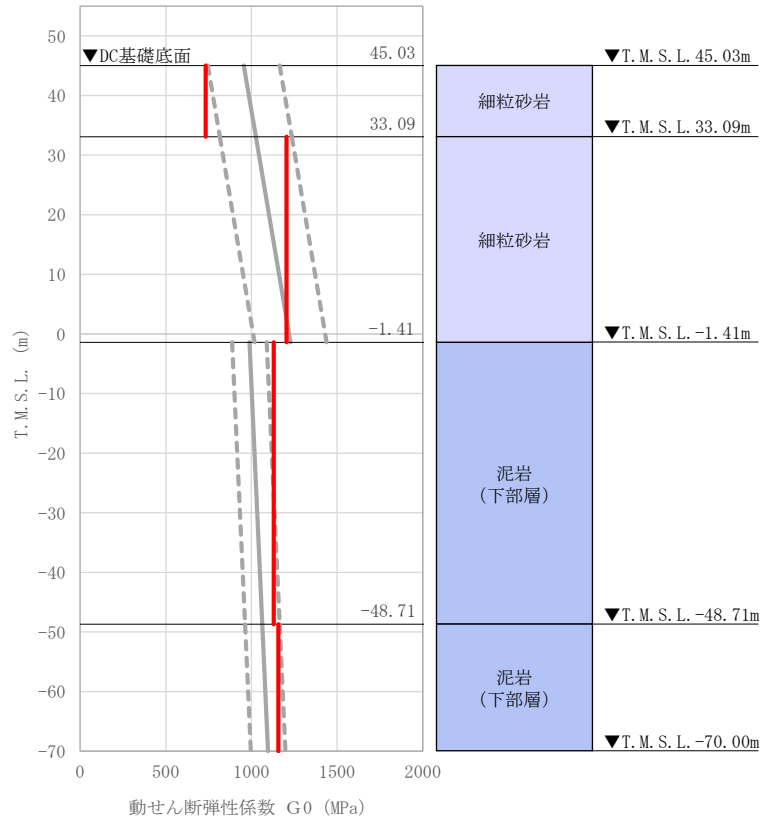
(3) 地盤物性値の設定結果

DC グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.6-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.6-4 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.6-1 表 DC グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m^3)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽DC基礎底面 45.03				
▽DA基礎底面 40.80	細粒砂岩	18.1	630	1480
33.09		18.0	810	1890
-1.41	泥岩 (下部層)	16.9	810	1890
-48.71		17.3	810	1890
▽解放基盤表面 -70.00	—	17.3	810	1890



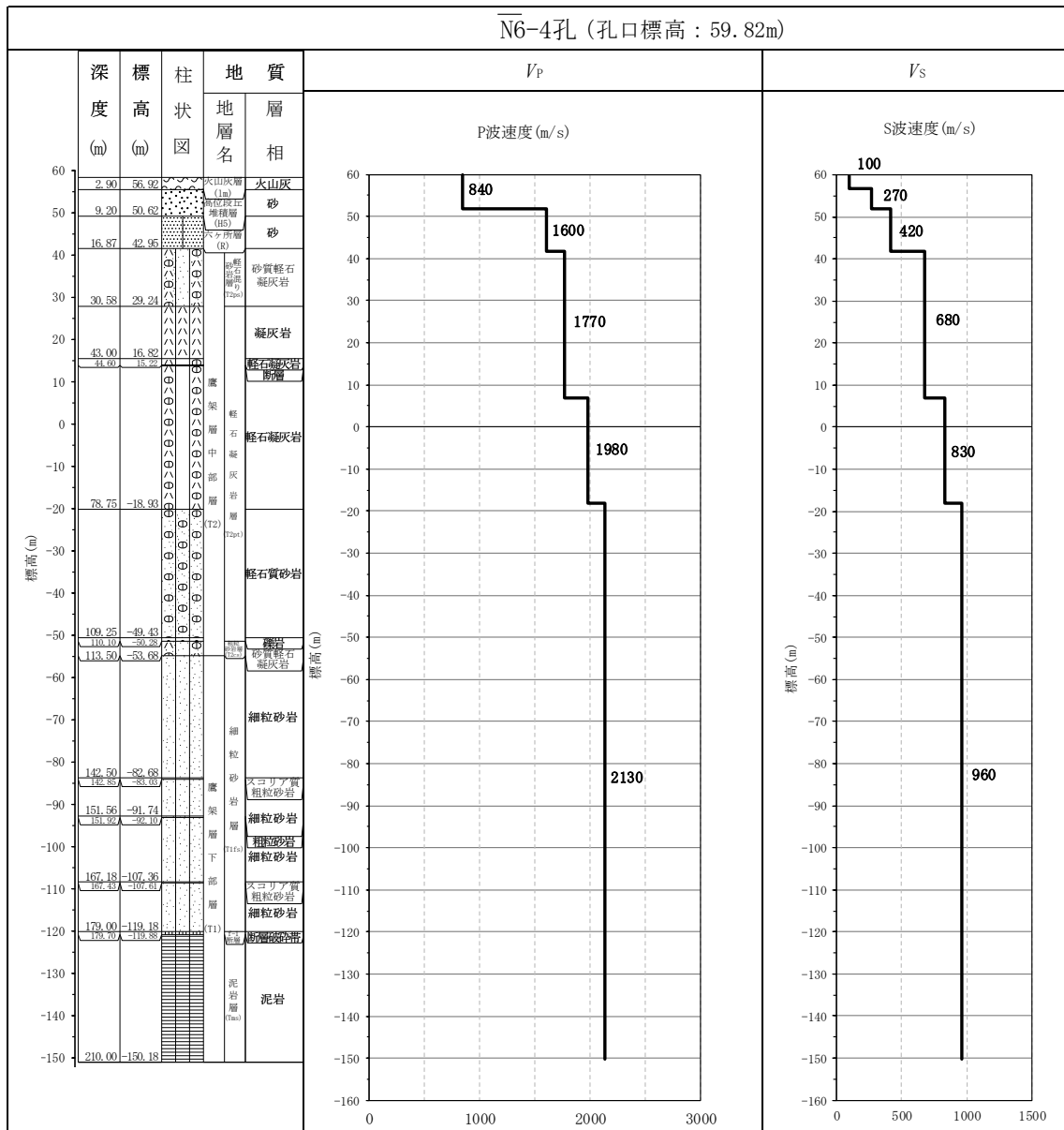
注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.6-4 図 せん断弾性係数の設定結果

3.7 ACグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す AC グループの PS 検層結果 (N6_-4) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.7-1 図に示す。

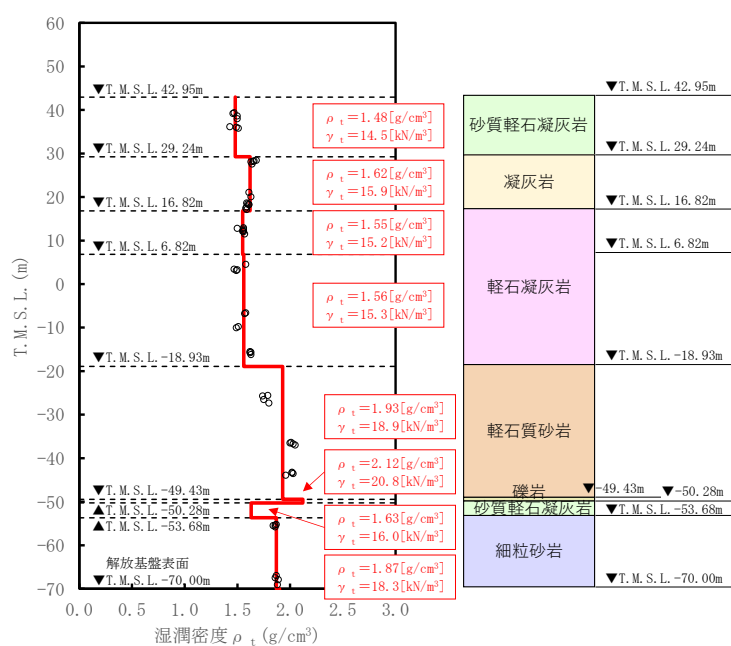


第 3.7-1 図 PS 検層結果 (AC グループ)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.7-2 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T. M. S. L. -49.43m~-53.68m における薄層の礫岩及び砂質軽石凝灰岩については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m}/\text{s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.7-2 図 単位体積重量の設定結果

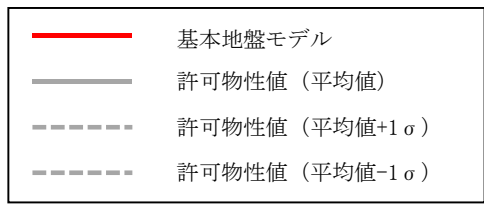
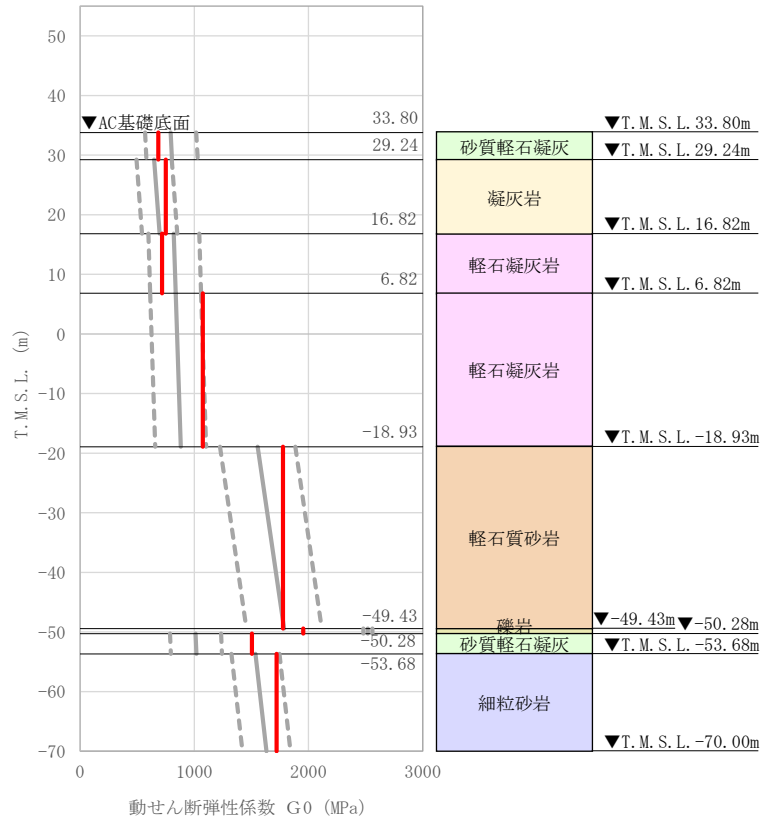
(3) 地盤物性値の設定結果

AC グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.7-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.7-3 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.7-1 表 AC グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽AC基礎底面				
33.80	砂質軽石凝灰岩	14.5	680	1770
29.24	凝灰岩	15.9	680	1770
16.82	軽石凝灰岩	15.2	680	1770
6.82		15.3	830	1980
-18.93	軽石質砂岩	18.9	960	2130
-49.43	礫岩	20.8	960	2130
-50.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	960	2130
-53.68	細粒砂岩	18.3	960	2130
▽解放基盤表面				
-70.00	—	18.3	960	2130



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.7-3 図 せん断弾性係数の設定結果

3.8 CAグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第 2-1 表に示す CA グループの PS 検層結果 (N6_-E2) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.8-1 図に示す。

なお、CA 周辺の建物・構築物のうち BA 建屋については、鷹架層上面レベルの高さ (T.M.S.L. 43.12m) よりも浅部に設置されるが、基礎直下には MMR が施工されている。MMR 部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定した。

CA グループの建物・構築物のうち、BA 建屋については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、BA 建屋近傍の D-E2_孔において、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていることから、第 3.8-2 図に示すように、D-E2_孔の地質柱状図と CA グループの PS 検層結果 (N6_-E2) を比較し、PS 検層結果 (N6_-E2) を基に設定した物性値を BA 建屋に適用できることを確認する。なお、D-E2_孔の地質柱状図では岩種境界が確認できるものの、下端が T.M.S.L. -13.33m と解放基盤面に比べて浅いため、参考として岩盤分類図による BA 建屋直下の地下構造を合わせて示す。

CA グループの PS 検層結果 (N6_-E2) より、基礎底面以深における速度境界は T.M.S.L. 10.42m と T.M.S.L. -27.16m に分布している。この速度境界は凝灰岩と軽石凝灰岩、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界レベルに対応している。T.M.S.L. -27.16m 以深においては軽石質砂岩、砂質軽石凝灰岩及び細粒砂岩が分布しておりその分布深さと速度境界に対応は見られないことから、凝灰岩、軽石凝灰岩及び軽石質砂岩の分布状況に着目する。

第 3.8-2 図より、N6_-E2 孔と比較して BA 建屋近傍の D-E2_孔の地質柱状図は砂質軽石凝灰岩及び凝灰岩の分布が見られず、軽石凝灰岩が基礎底面レベルまで達している。また、PS 検層結果 (N6_-E2) においては、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の境界レベルに差が見られる。このことから、軽石凝灰岩上端レベルの差及び軽石凝灰岩と軽石質砂岩との岩種境界レベルの差を踏まえて、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。

「参考 2」より、BA 建屋については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.614s に対して、BA 建屋近傍の D-E2_孔の地質柱状図に基づく固有周期は 0.531s であり、固有周期に差が見られる。その要因

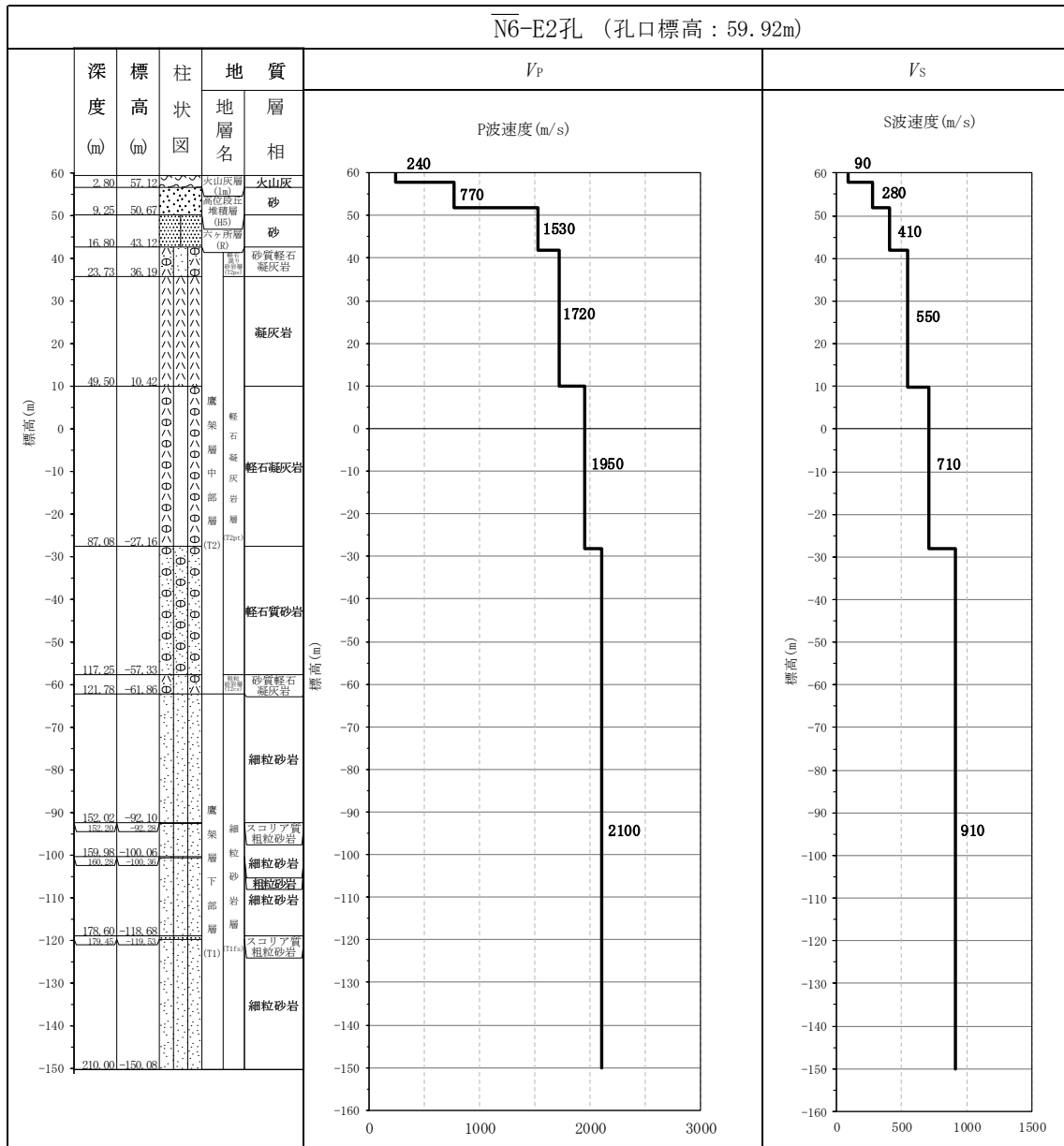
は、軽石凝灰岩が基礎底面レベルまで分布しているためであると考えられる。ここで、軽石凝灰岩に対応する S 波速度を基礎底面レベルまで一様に設定するよりも、N6_-E2 孔の PS 検層結果に基づき、凝灰岩と軽石凝灰岩の境界レベルにおいて速度境界を考慮した方が、コントラストが大きくなり保守性を確保できると判断した。

上記のことから、BA 建屋については、CA グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

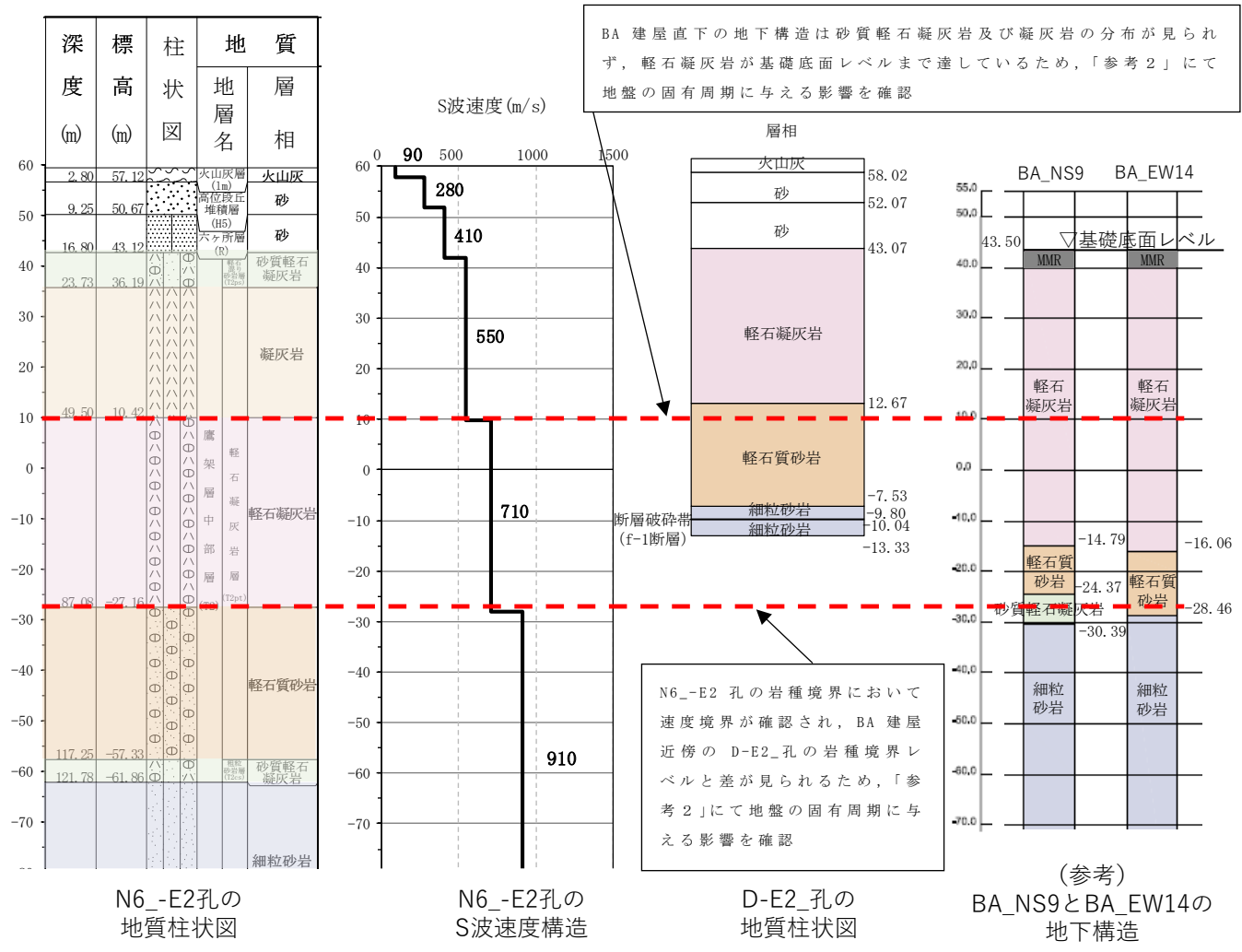
速度構造の設定にあたり、CA グループの建物・構築物のうち、BA 建屋については、f-1 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。BA 建屋については、第 3.8-2 図に示す BA 建屋直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、BA 建屋近傍の N6_-E2 孔と異なった岩種の分布となっているものの、前段落に示した通り、速度構造への影響は、保守性を確保する観点で問題がないものと判断できることから、地盤応答の評価の観点において断層の影響は問題のないものと判断できる。

BA 建屋直下の D-E2_孔（第 3.8-2 図）によると、T.M.S.L.-9.80m の位置において、f-1 断層が認められるものの、断層の上下に細粒砂岩が連続して分布しており、BA 建屋直下の岩種の分布に影響は見られないことを確認した。また、CA グループの物性値の設定に用いた PS 検層結果（第 3.8-1 図）によると、断層破碎帯は認められないことを確認した。

上記のことから、BA 建屋については、f-1 断層の近傍に位置するものの、その影響は問題がないことから、CA グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。



第 3.8-1 図 PS 検層結果 (CA グループ)

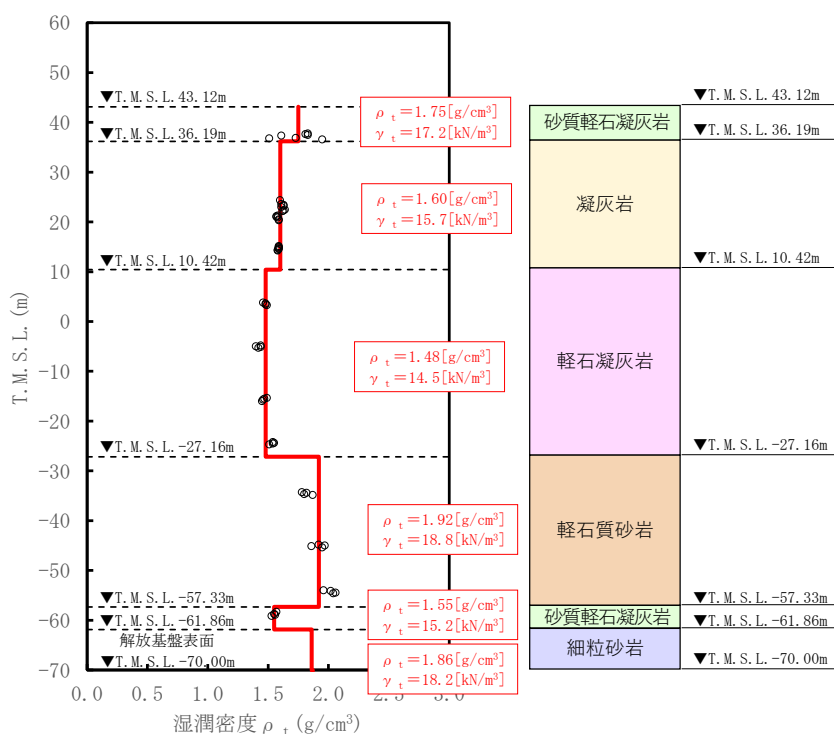


第 3.8-2 図 N6-E2 孔及び BA 直下の地下構造及び速度構造の対応

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.8-3 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T. M. S. L. -61.86m 以深における細粒砂岩については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.8-3 図 単位体積重量の設定結果

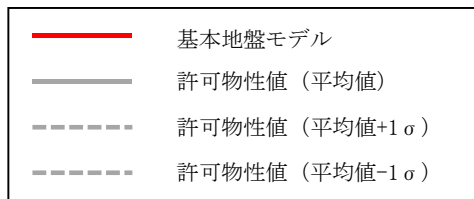
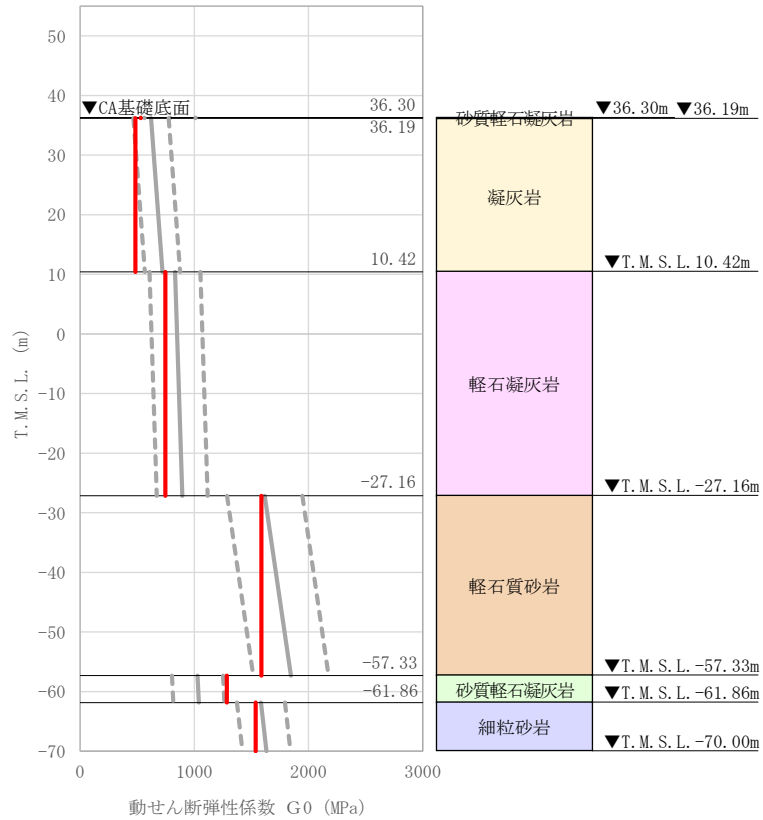
(3) 地盤物性値の設定結果

CA グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.8-1 表に示す。

また，上記で設定した物性値について，事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.8-4 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり，敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.8-1 表 CA グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽BA基礎底面 43.50				
▽CA基礎底面 36.30	砂質軽石凝灰岩	17.2	550	1720
36.19	凝灰岩	15.7	550	1720
10.42	軽石凝灰岩	14.5	710	1950
-27.16	軽石質砂岩	18.8	910	2100
-57.33	砂質軽石凝灰岩	15.2	910	2100
-61.86	細粒砂岩	18.2	910	2100
▽解放基盤表面 -70.00	—	18.2	910	2100



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.8-4 図 せん断弾性係数の設定結果

3.9 CBグループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定については、第2-1表に示すCBグループのPS検層結果(N6-X)のS波速度及びP波速度を設定する。物性値の設定に用いたPS検層孔のS波速度、P波速度及び地質柱状図を第3.9-1図に示す。

なお、CB周辺の建物・構築物のうちBB建屋については、鷹架層上面レベルの高さ(T.M.S.L.35.77m)よりも浅部に設置されるが、基礎直下にはMMRが施工されている。MMR部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR直下の物性値を設定した。

CBグループの建物・構築物のうち、BB建屋については、直下のPS検層結果はないため、「参考1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第3.9-2図に示すように、BB建屋直下の地下構造とCBグループのPS検層結果(N6-X)を比較し、PS検層結果(N6-X)を基に設定した物性値をBB建屋に適用できることを確認する。

CBグループのPS検層結果(N6-X)より、基礎底面以深において岩種境界レベルに対応する速度境界はT.M.S.L.-33.37mに分布している。この速度境界は、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界レベルに対応している。

T.M.S.L.-33.37m以深においては軽石質砂岩、礫岩、砂質軽石凝灰岩及び細粒砂岩が分布しておりその分布深さと速度境界に対応は見られないことから、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の分布状況に着目する。

第3.9-2図より、N6-X孔と比較してBB建屋直下の地下構造は凝灰岩の分布が見られず、軽石凝灰岩が基礎底面レベルまで達している。また、PS検層結果(N6-X)においては、凝灰岩と軽石凝灰岩の岩種境界において速度境界は見られない。そのため、凝灰岩の分布の有無について影響はないと判断した。ただし、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界レベルに違いが見られ、N6-X孔において軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界に速度境界が見られるため、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。「参考2」より、BB建屋については、PS検層結果を基に設定した物性値の固有周期0.519sに対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は0.514sであり、地下構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。

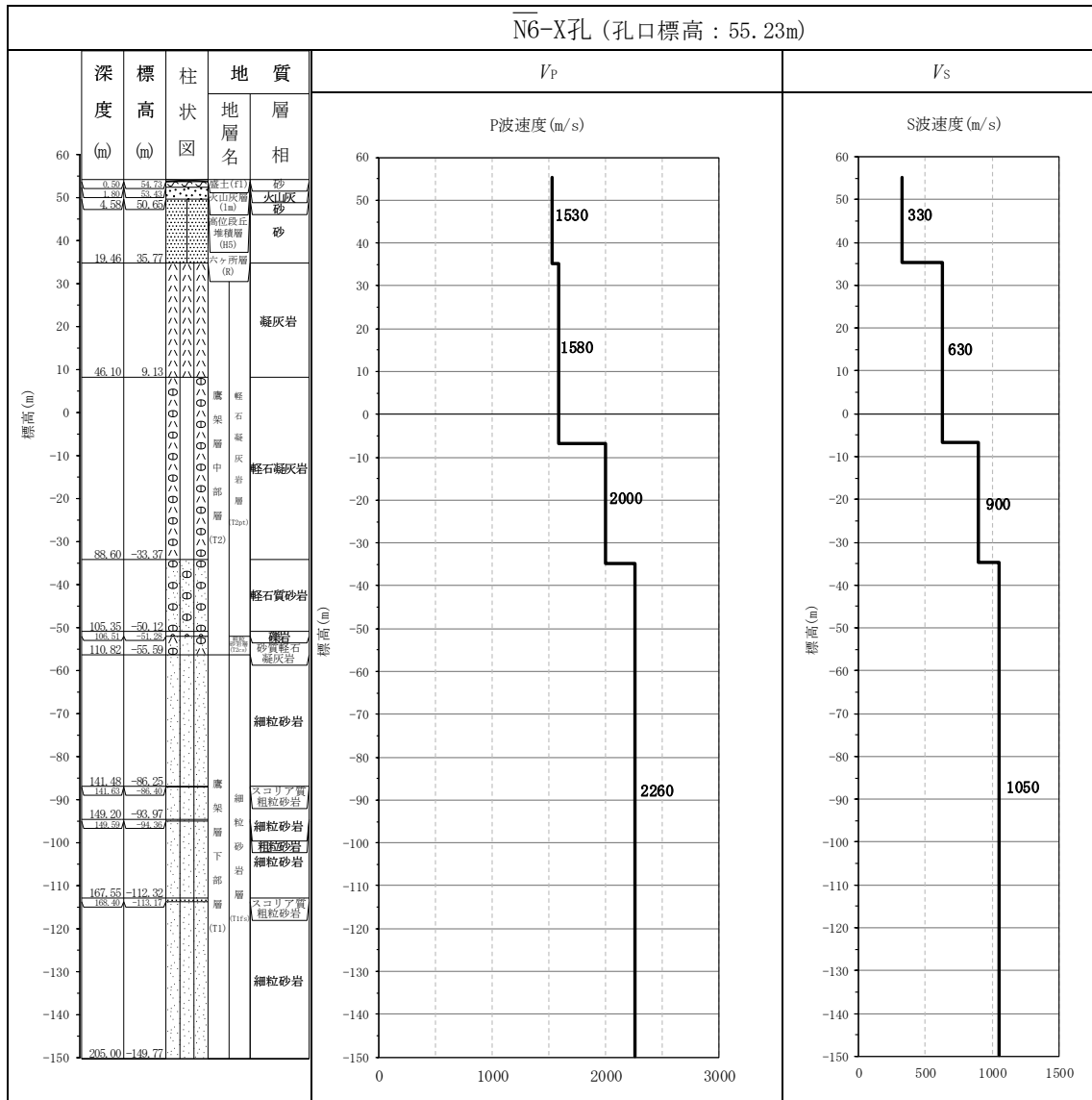
上記のことから、BB建屋については、CBグループのPS検層結果を基

に設定した物性値を適用する。

速度構造の設定にあたり、CBグループの建物・構築物のうち、BB建屋については、f-1断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。BB建屋については、第3.9-2図に示すBB建屋直下の地下構造の岩種の分布を確認すると、BB建屋近傍のN6-X孔と異なった岩種の分布となっているものの、前段落に示した通り、速度構造への影響はないことから、地盤応答の評価の観点において断層の影響はないものと判断できる。

また、CBグループの物性値の設定に用いたPS検層結果(第3.9-1図)によると、断層破碎帯は認められないことを確認した。

上記のことから、BB建屋については、f-1断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、CBグループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。

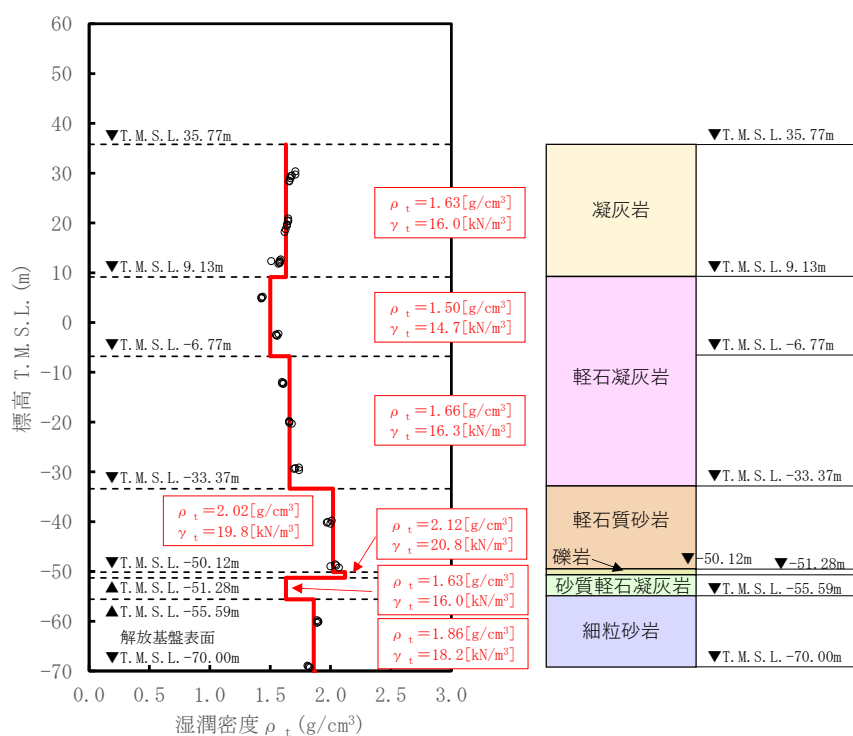


第 3.9-1 図 PS 検層結果 (CB グループ)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.9-3 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T.M.S.L. -50.12m～-55.59m における薄層の礫岩及び砂質軽石凝灰岩については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.9-3 図 単位体積重量の設定結果

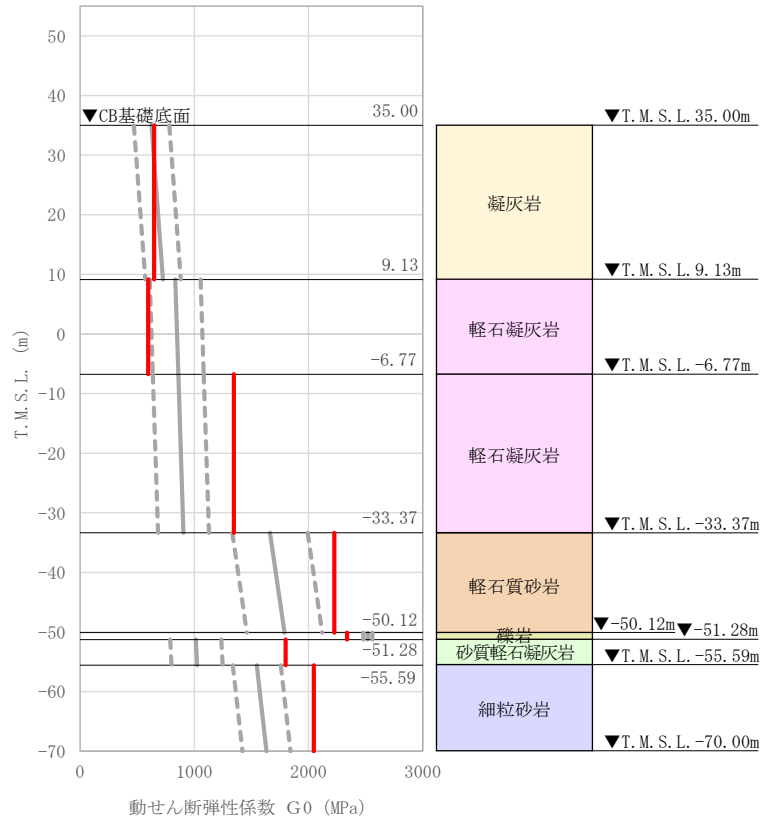
(3) 地盤物性値の設定結果

CB グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.9-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.9-4 図に示す。設定した物性値のうち、T.M.S.L. -6.77m 以浅については、設定した物性値が許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。一方で、T.M.S.L. -6.77m 以深については、薄層の礫岩を除き、設定した物性値が許可物性値と比較して大きい値であり、敷地の平均的な特徴に比べて剛性が大きい傾向を有する。

第 3.9-1 表 CB グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽BB基礎底面 38.60				
▽CB基礎底面 35.00	凝灰岩	16.0	630	1580
9.13				
-6.77	軽石凝灰岩	14.7	630	1580
		16.3	900	2000
-33.37	軽石質砂岩	19.8	1050	2260
-50.12	礫岩	20.8	1050	2260
-51.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1050	2260
-55.59	細粒砂岩	18.2	1050	2260
▽解放基盤表面 -70.00	—	18.2	1050	2260



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.9-4 図 せん断弾性係数の設定結果

3.10 AZ 周辺グループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造については、第 2-1 表に示す AZ 周辺グループの PS 検層結果 (E-W, E-E2) により設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.10-1 図に示す。

速度境界の探査の結果、第 3.10-2 図～3.10-4 図に示すとおり、T.M.S.L. 9m、T.M.S.L. -31m 及び T.M.S.L. -53m において、各レベルを境に上層の S 波速度平均値に対する変動係数と下層の S 波速度の平均値に対する変動係数が共に急変することから、上記 3 つの標高を速度境界として設定する。

なお、第 3.10-5 図に示す地質柱状図の比較結果のとおり、凝灰岩の上面レベルの平均高さは T.M.S.L. 8m であること、また、軽石質砂岩の上面レベルの平均高さは T.M.S.L. -55m であることを踏まえ、T.M.S.L. 9m 及び T.M.S.L. -53m の速度境界については、それぞれ凝灰岩と軽石質砂岩の上面レベルの平均高さに補正した。

AZ 周辺グループの建物・構築物のうち、G15 基礎及び G17 基礎については、第 3.10-5 図に示す鷹架層上面レベルの平均高さ (T.M.S.L. 46m) よりも浅部に設置されるが、基礎直下には MMR が施工されている。MMR 部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定した。

なお、設定した物性値 (第 3.10-1 表) について、G17 基礎については、基礎下端レベルの T.M.S.L. 48.15m 直下の S 波速度 ($V_s=760\text{m/s}$) に対し、G17 基礎直下の PS 検層結果 (E-W 孔) は、第 3.10-7 図に示すとおり、G17 基礎下端レベルから T.M.S.L. 34.00m 程度の範囲において、S 波速度が小さい値 ($V_s=270\text{m/s}$) となっている。これは、鷹架層中部層のうち表層に近い比較的柔らかい岩盤や表層地盤が存在しているためである。ここで、第 3.10-7 図に示す G17 基礎直下の地下構造を確認すると、G17 基礎の直下には、厚さ 7m 程度の MMR が設置されており、MMR を介して岩着していることから、MMR 直下の物性値を設定した。

上記に基づき設定した AZ 周辺グループの速度構造及び PS 検層結果の比較を第 3.10-6 図に示す。

なお、AZ 周辺グループの建物・構築物のうち、G15 基礎、G17 基礎及び G35 については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、G15 基礎及び G17 基礎については、岩種境界

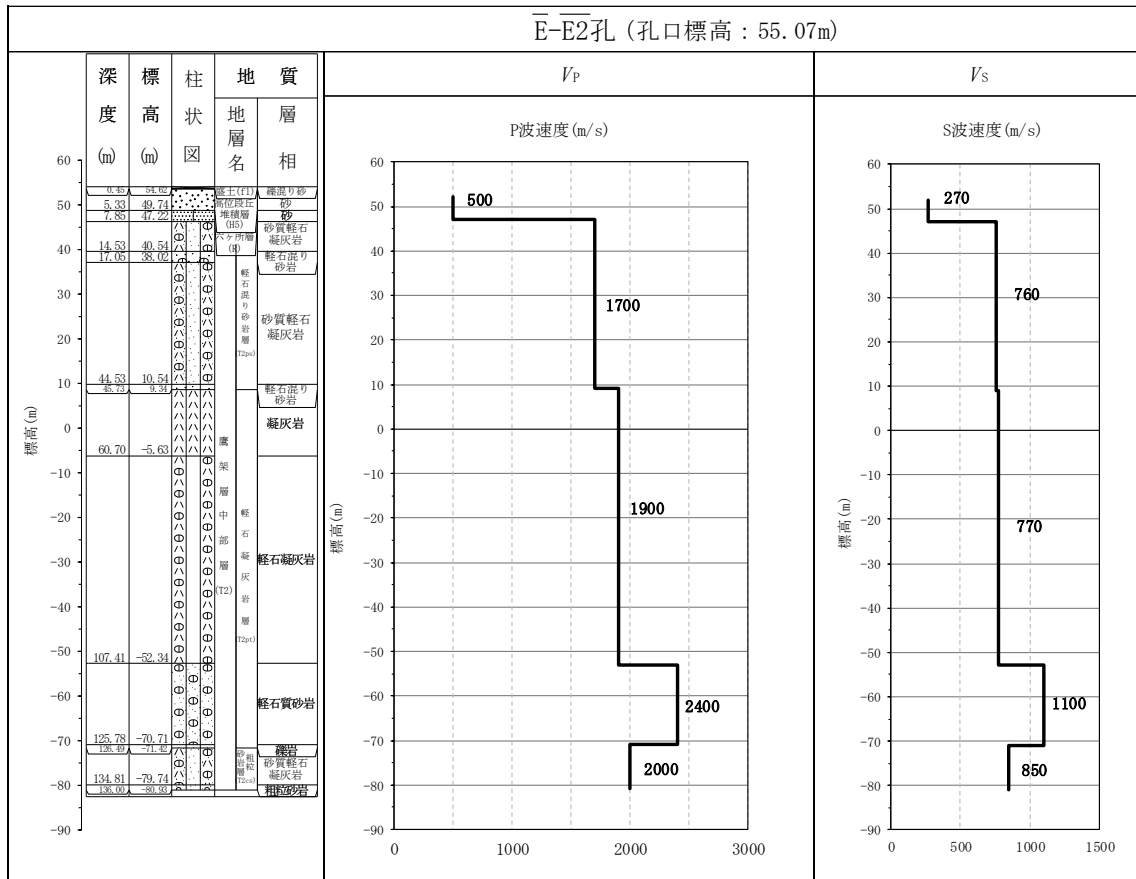
が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.10-7 図に示すように、その建物・構築物直下の地下構造と近傍の PS 検層結果と比較を行い、PS 検層結果を基に設定した物性値をその建物・構築物に適用できることを確認する。G35 については、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、G35 直下の N7_-W_(2)孔において、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていることから、第 3.10-7 図(3/3)に示すように、N7_-W_(2)孔の地質柱状図と AZ の PS 検層結果(E_-W_)を比較し、PS 検層結果(E_-W_)を基に設定した物性値を G35 に適用できることを確認する。

第 3.10-7 図に示すとおり、G15 基礎については、近傍の PS 検層孔である E_-E2_孔と比較を行った。E_-E2_孔では砂質軽石凝灰岩と軽石混り砂岩の岩種境界レベルと軽石凝灰岩と軽石質砂岩における岩種境界レベルにおいて速度境界が確認されたため、G15 基礎直下の地下構造の砂質軽石凝灰岩、軽石混り砂岩、軽石凝灰岩及び軽石質砂岩の分布に着目する。

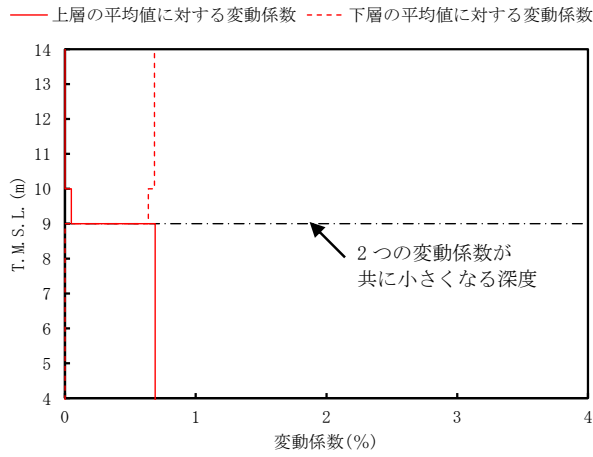
G17 基礎については、近傍の PS 検層孔である E_-W_孔と比較を行い、軽石混り砂岩と砂質軽石凝灰岩の岩種境界レベルと軽石凝灰岩と軽石質砂岩における岩種境界レベルにおいて速度境界が確認されたため、G17 基礎直下の地下構造の軽石混り砂岩、砂質軽石凝灰岩、軽石凝灰岩及び軽石質砂岩の分布に着目する。

第 3.10-7 図よりその建物・構築物近傍の PS 検層結果と比較した結果、岩種境界レベルにおいて、速度境界が見られるため、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。「参考 2」より、G15 基礎については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.589s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.591~0.594s の範囲であり、また、G17 基礎については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.593s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.574~0.577s の範囲であり、地下構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。なお、G35 直下の地下構造における岩種の分布並びに速度境界レベルの E_-W_孔との差は、G15 基礎及び G17 基礎と同程度の傾向であり、G35 についても固有周期に与える影響は小さいと考えられる。

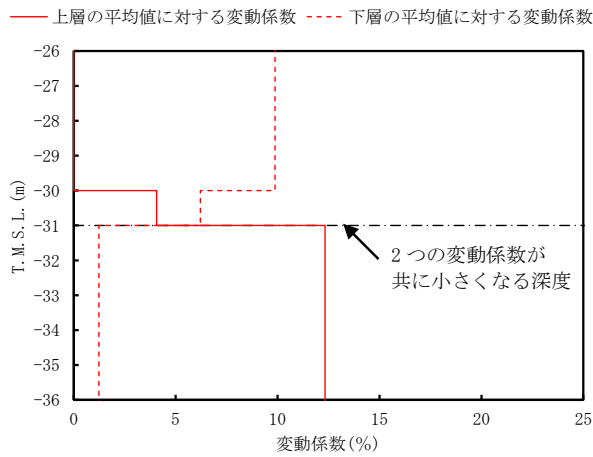
上記のことから、G15 基礎、G17 基礎及び G35 については、AZ 周辺グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。



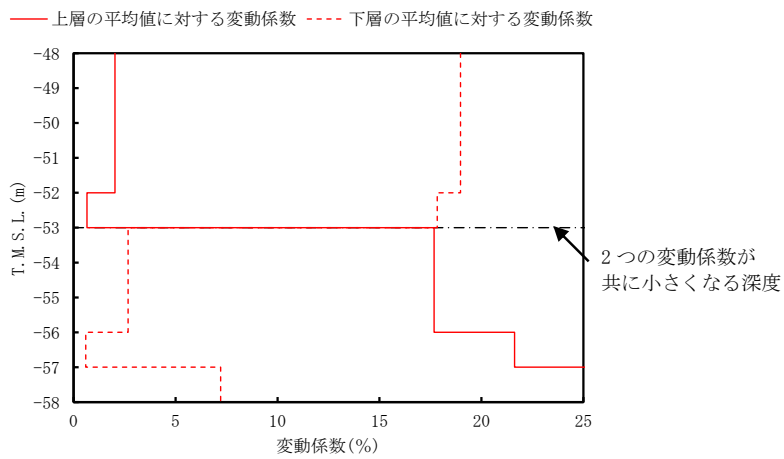
第 3.10-1 図 PS 検層結果 (AZ 周辺グループ) (2/2)



第 3.10-2 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. 9m 付近)



第 3.10-3 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -31m 付近)

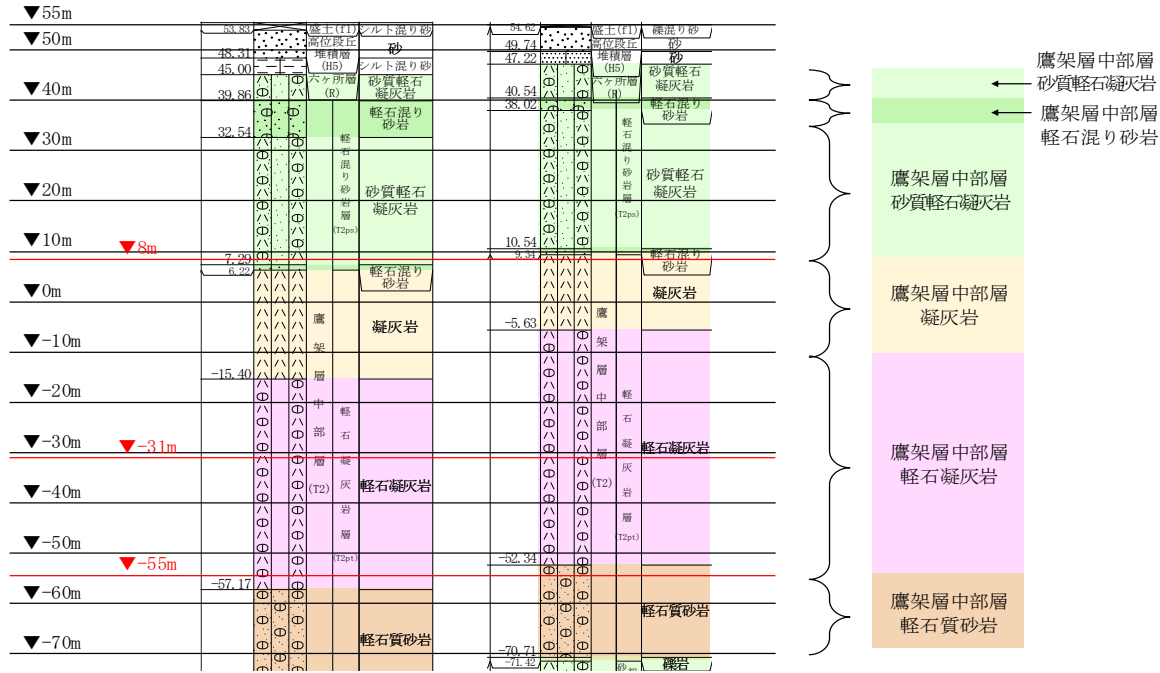


第 3.10-4 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -53m 付近)

T. M. S. L.
(m)

孔名 : E_-W_
孔口標高 : 55.33

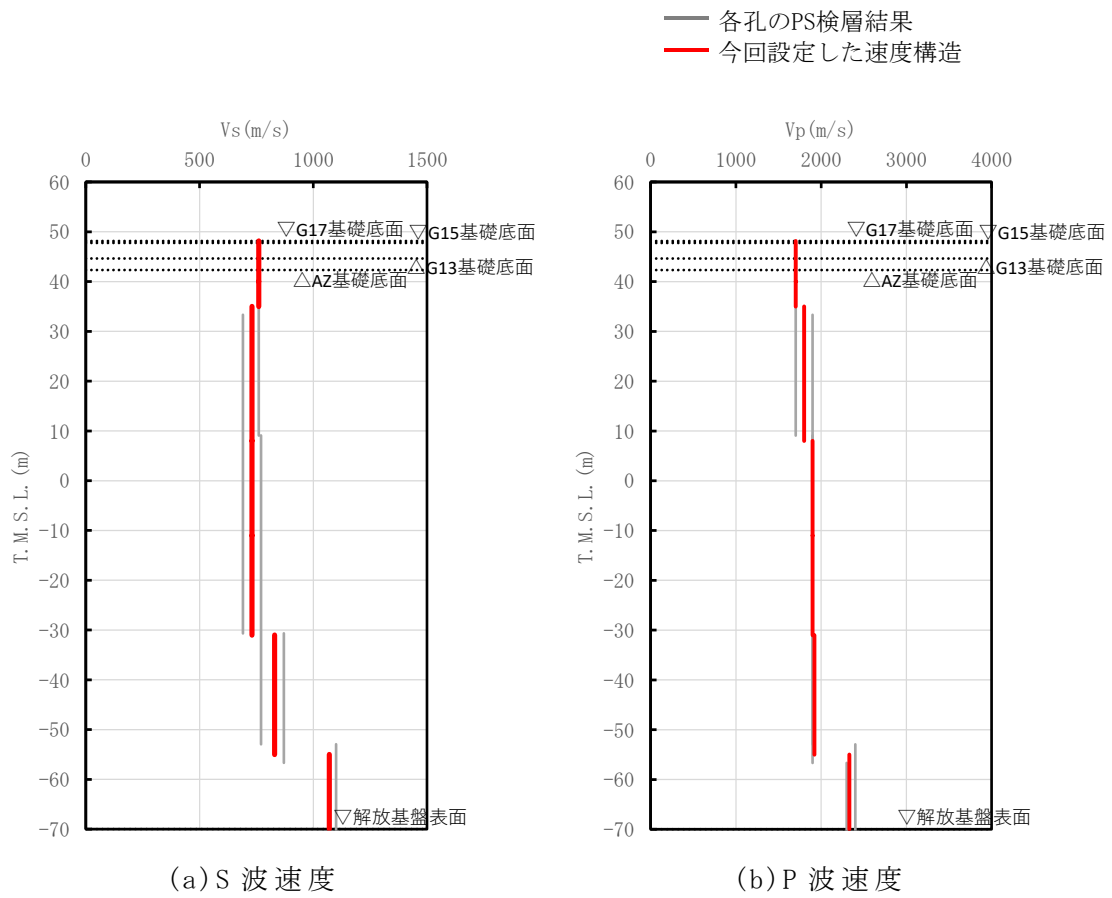
E_-E2_
55.07



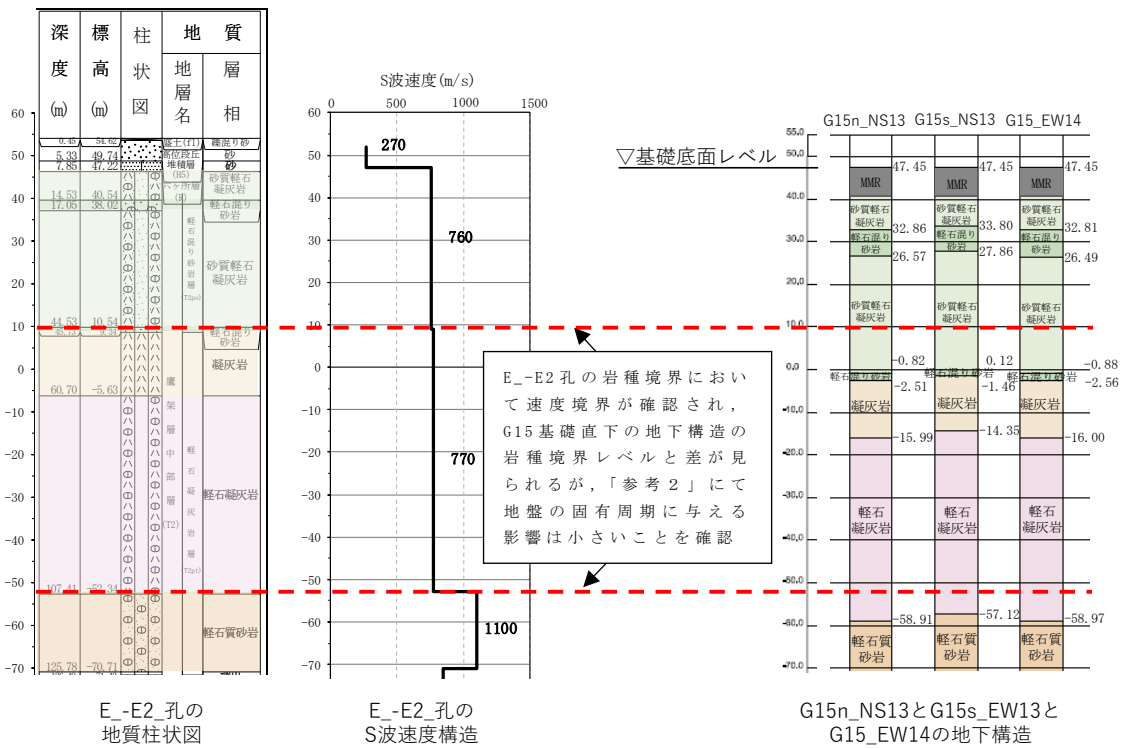
注記 : 赤線は速度境界レベルを示す。

岩盤の最上面レベル = $(45.00 \text{ m} + 47.22 \text{ m}) / 2 = 46.11 \text{ m} \approx 46 \text{ m}$
 軽石混り砂岩の上面レベル平均高さ = $(39.86 \text{ m} + 40.54 \text{ m}) / 2 = 40.20 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$
 砂質軽石凝灰岩の上面レベル平均高さ = $(32.54 \text{ m} + 38.02 \text{ m}) / 2 = 35.28 \text{ m} \approx 35 \text{ m}$
 凝灰岩の上面レベル平均高さ = $(6.22 \text{ m} + 9.34 \text{ m}) / 2 = 7.78 \text{ m} \approx 8 \text{ m}$
 軽石凝灰岩の上面レベル平均高さ = $((-15.40 \text{ m}) + (-5.63 \text{ m})) / 2 = -10.52 \text{ m} \approx -11 \text{ m}$
 軽石質砂岩の上面レベル平均高さ = $((-57.17 \text{ m}) + (-52.34 \text{ m})) / 2 = -54.76 \text{ m} \approx -55 \text{ m}$

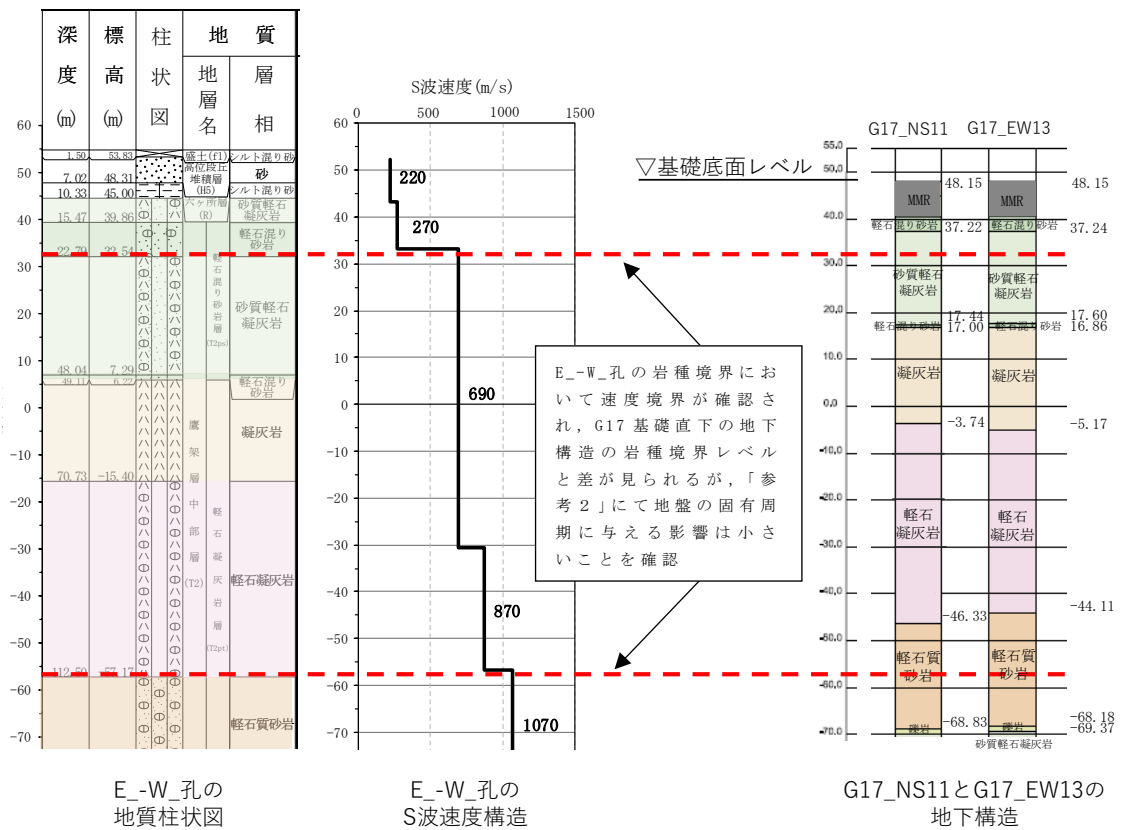
第 3.10-5 図 PS 検層孔の地質柱状図



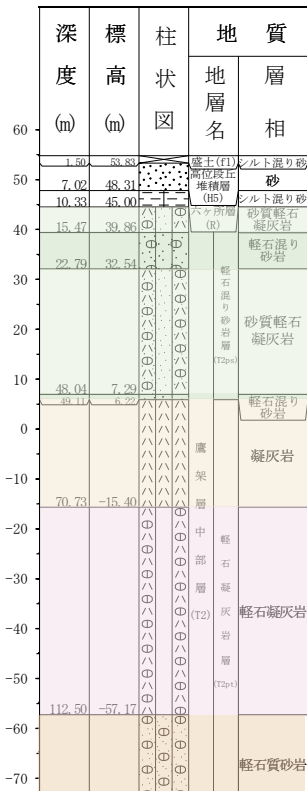
第 3.10-6 図 AZ 周辺グループの速度構造と PS 検層結果の比較



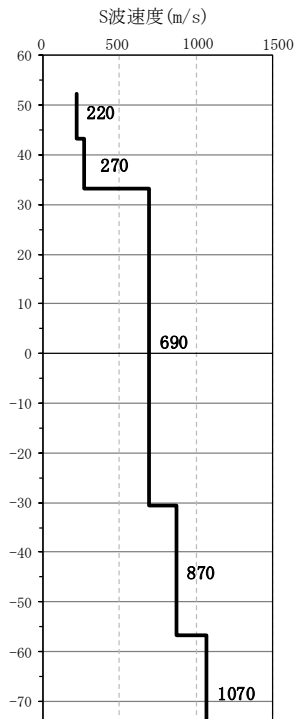
第 3.10-7 図 E-E2_孔及び G15 直下の地下構造及び速度構造の対応 (1/3)



第 3.10-7 図 E-W_孔及び G17 直下の地下構造及び速度構造の対応 (2/3)



E-W 孔の地質柱状図



E-W 孔のS波速度構造

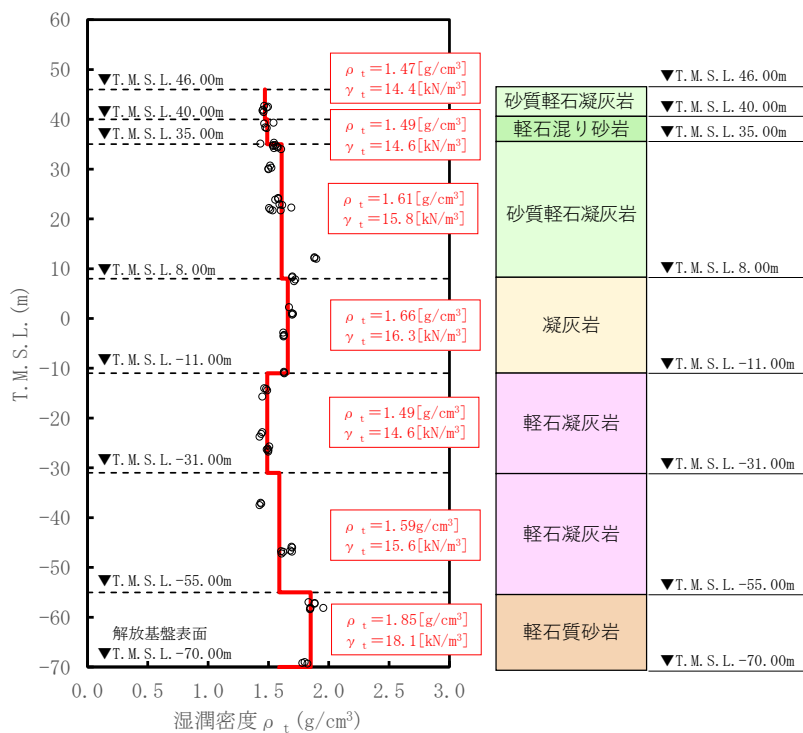


N7-W(2)の地質柱状図

第 3.10-7 図 E-W 孔及び G35 直下の地下構造及び速度構造の対応 (3/3)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.10-8 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.10-8 図 単位体積重量の設定結果

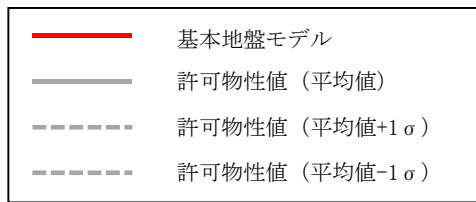
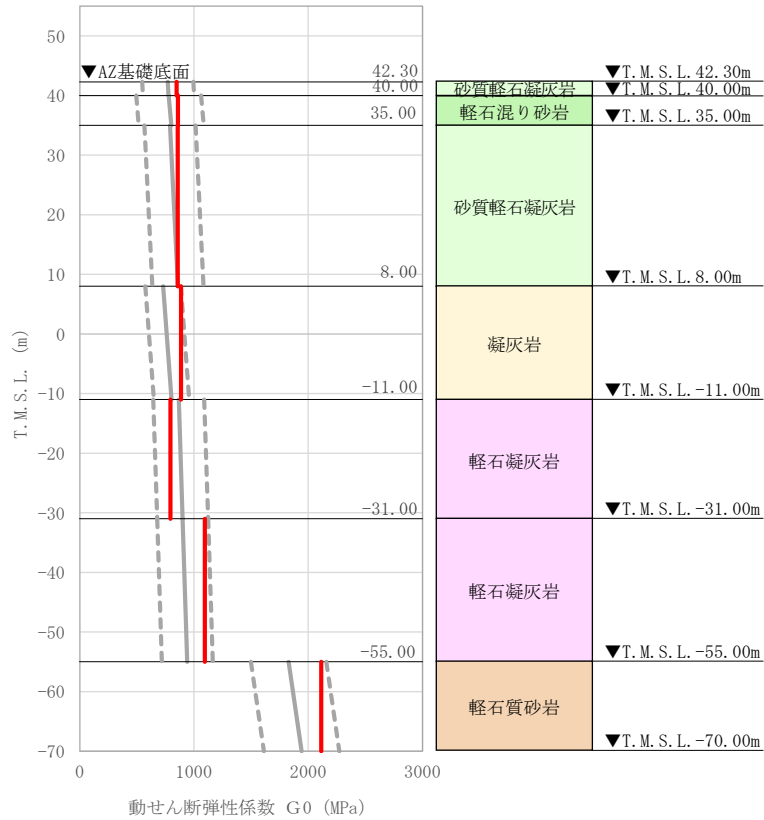
(3) 地盤物性値の設定結果

AZ 周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.10-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.10-9 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.10-1 表 AZ 周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽G17基礎底面 48.15				
▽G15基礎底面 47.45				
▽G13基礎底面 44.65	砂質軽石凝灰岩	14.4	760	1700
▽AZ基礎底面 42.30				
40.00				
35.00				
8.00	軽石混り砂岩	14.6	760	1700
-11.00	砂質軽石凝灰岩	15.8	730	1800
-31.00	凝灰岩	16.3	730	1900
-55.00		14.6	730	1900
▽解放基盤表面 -70.00	軽石質砂岩	15.6	830	1920
		18.1	1070	2330
	—	18.1	1070	2330



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.10-9 図 せん断弾性係数の設定結果

3.11 G14 グループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造の設定にあたっては、第 2-1 表に示す G14 グループの PS 検層結果 (H-X_(2)) の S 波速度及び P 波速度を設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.11-1 図に示す。

G14 グループの建物・構築物のうち、G16 基礎については、直下の PS 検層結果はないため、「参考 1」に示す地質柱状図を確認した結果、岩種境界が確認できる深さまでデータが得られていないことから、第 3.11-2 図(1/2)に示すように、G16 基礎直下の地下構造と G14 グループの PS 検層結果 (H-X_(2)) を比較し、PS 検層結果 (H-X_(2)) を基に設定した物性値を G16 基礎に適用できることを確認する。

PS 検層結果 (H-X_(2)) に着目すると岩種境界レベルに対応する速度境界は軽石混り砂岩と凝灰岩の岩種境界レベル、軽石凝灰岩と凝灰岩の岩種境界レベルに分布していることから、軽石混り砂岩、凝灰岩及び軽石凝灰岩の分布状況に着目する。

第 3.11-2 図(1/2)より、G16 基礎の T.M.S.L. -57m 程度以浅における地下構造の特徴は、H-X_(2) 孔と同等となっている。

また、G16 基礎の地下構造においては、T.M.S.L. -57m 程度以深に軽石質砂岩が分布している。一方で H-X_(2) 孔の地下構造においては、T.M.S.L. -56.33m 以深で凝灰岩が分布しており、凝灰岩の上面レベルで速度境界が見られる。

ここで、G16 基礎の地下構造と同様に軽石凝灰岩と軽石質砂岩が分布する CA グループにおける N6-E2 孔 (第 3.8-1 図) を参照すると、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界において速度境界が存在する。また、N6-E2 孔に分布する軽石質砂岩の S 波速度は 910m/s となっており、H-X_(2) 孔における T.M.S.L. -56.33m 以深の S 波速度 (910m/s) と整合している。

このことから、H-X_(2) 孔の凝灰岩の上面レベルにおける速度境界を、G16 基礎における軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界レベルに適用することに問題はないと判断した。

その上で、着目した岩種境界レベルに違いが見られるため、その差が地盤の固有周期に与える影響を確認する。「参考 2」より、G16 基礎については、PS 検層結果を基に設定した物性値の固有周期 0.739s に対して、建物・構築物直下の地下構造に基づく固有周期は 0.754~0.761s の範囲

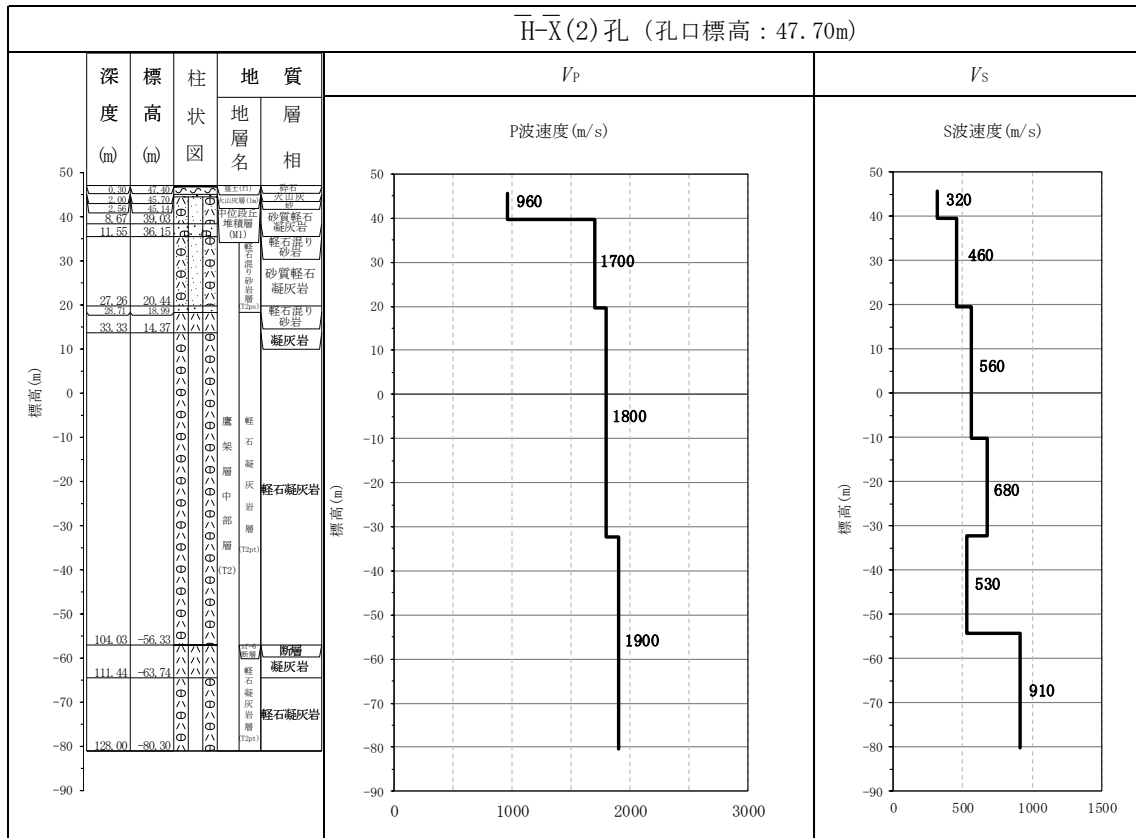
であり、地下構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。

上記のことから、G16 基礎については、G14 グループの PS 検層結果を基に設定した物性値を適用する。

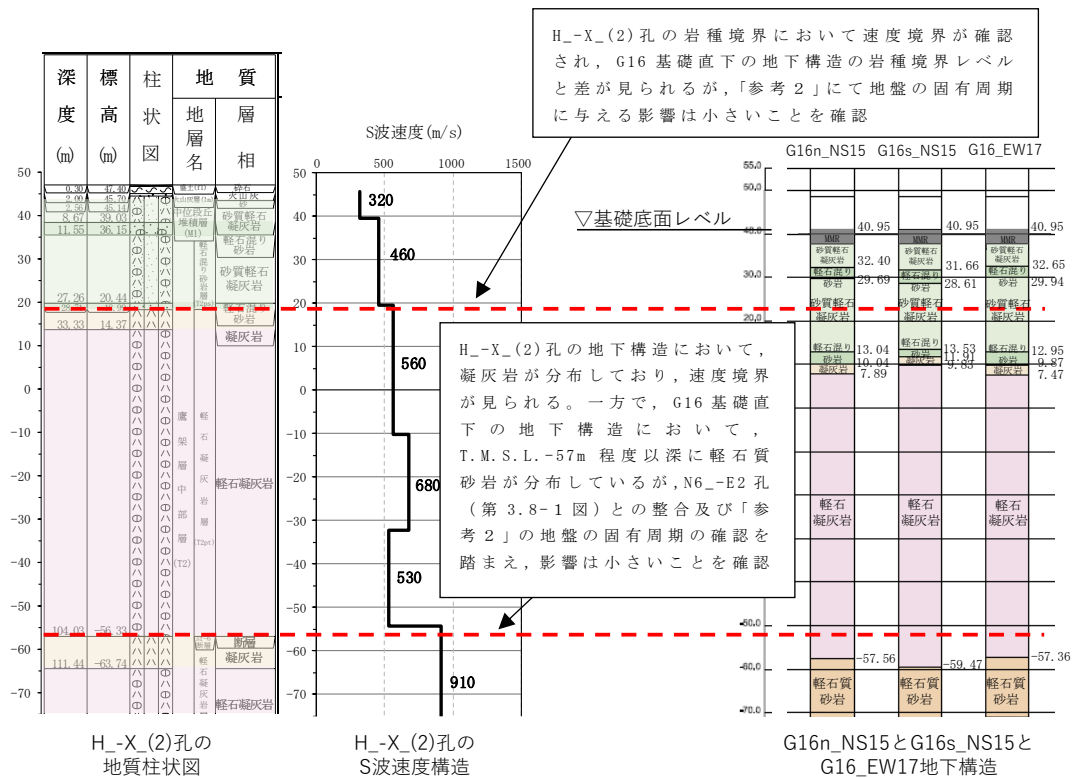
速度構造の設定にあたり、G14 グループの建物・構築物のうち、G36 については、sf-6 断層の近傍に位置するため、その影響を考察する。G36 については、第 3.11-2 図(2/2)に示す G36 直下の H₋₄(2)孔を見ると、G36 直下から T.M.S.L. 9.14m の範囲では、礫混り砂岩及び砂岩・泥岩互層が見られ、H_{-X}(2)孔と岩種の分布が異なるものの、T.M.S.L. 9.14m～T.M.S.L. -50m 程度の範囲における主要な岩種は砂質軽石凝灰岩であり、これは、AZ 周辺グループの E_{-W}孔及び E_{-E2}孔の砂質軽石凝灰岩の S 波速度 ($V_s=690\text{m/s}$, 760m/s) と同程度であると仮定すると、G14 直下の H_{-X}(2)孔の同じ標高の S 波速度 ($V_s=530\sim 680\text{m/s}$) とおおむね同程度の値である。また、H₋₄(2)孔において、T.M.S.L. -50m 程度以深において凝灰岩が分布しているが、H_{-X}(2)孔においても T.M.S.L. -56.33m～-63.74m の位置に凝灰岩が見られ、かつ、凝灰岩の下端レベルに速度境界が見られないことから、T.M.S.L. -50m 程度以深の範囲においても、速度構造に大きな違いはないものと判断できる。以上のことから、H_{-X}(2)孔の速度構造を用いて G36 の物性値を設定することは問題ないと考えられる。

また、G14 グループの物性値の設定に用いた各 PS 検層結果（第 3.11-1 図）によると、T.M.S.L. -56.33m の位置において、sf-6 断層が認められるものの、断層の下に凝灰岩が分布しており、G36 直下の地下構造（第 3.11-2 図(2/2)）と比べて差が見られないことを確認した。

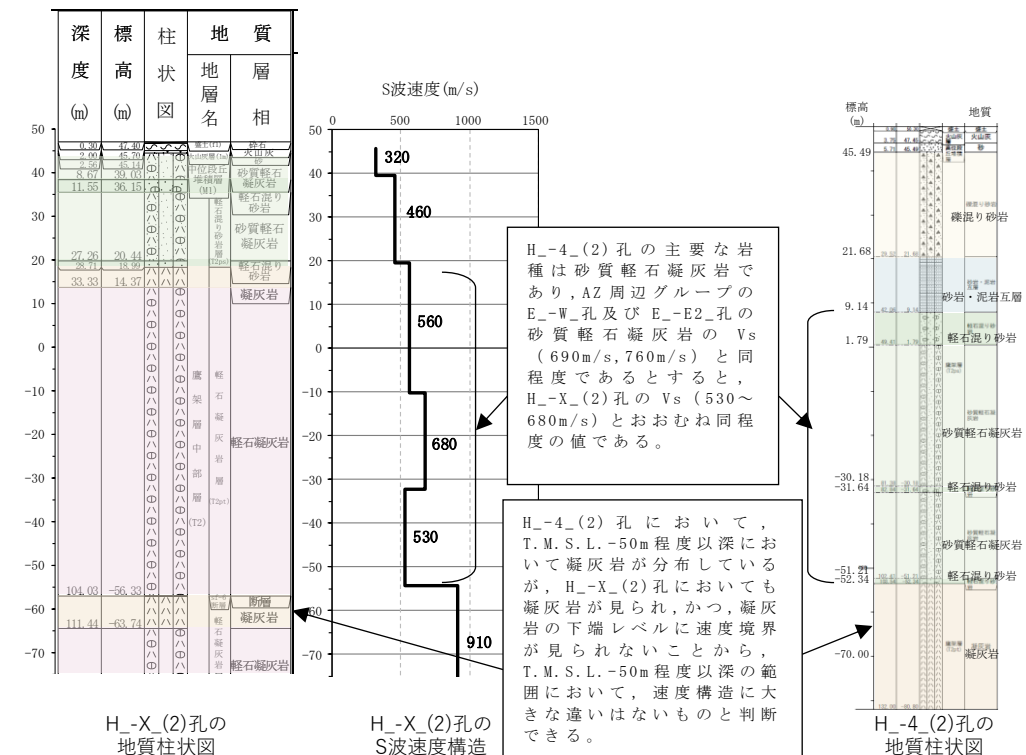
上記のことから、G36 については、sf-6 断層の近傍に位置するものの、その影響は見られないことから、G14 グループとして物性値を設定することは問題ないと判断する。



第 3.11-1 図 PS 検層結果 (G14 グループ)



第 3.11-2 図 H-X(2) 孔及び G16 直下の地下構造及び速度構造の対応 (1/2)

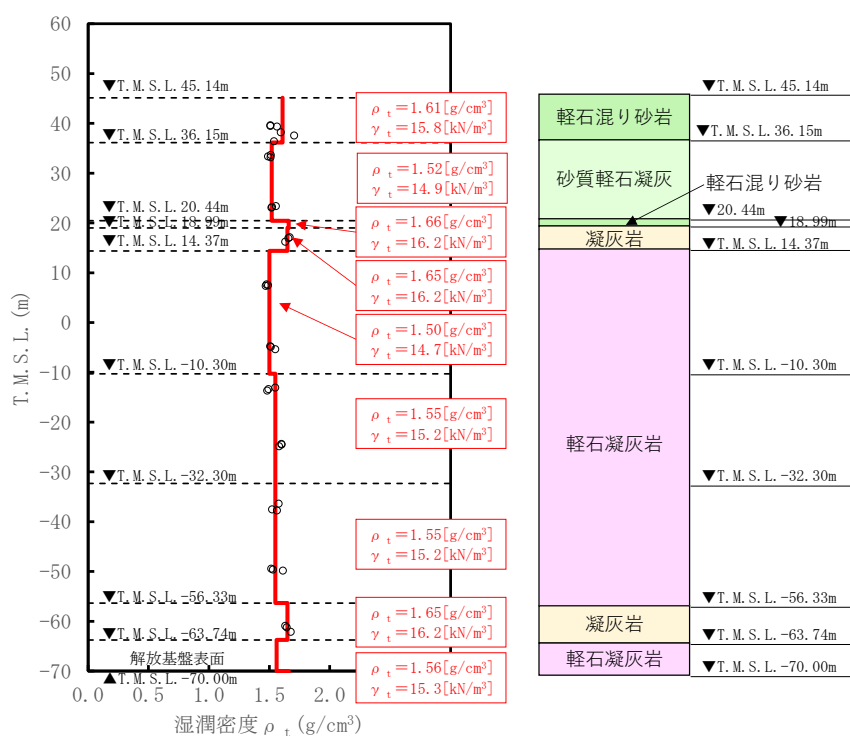


第 3.11-2 図 H-X(2) 孔及び G36 直下の H-4(2) 孔の地下構造及び速度構造の対応 (2/2)

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.11-3 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。

なお、T.M.S.L. 20.44m～18.99m 及び T.M.S.L. -63.74m 以深における軽石混り砂岩及び軽石凝灰岩については、単位体積重量データが得られていないことを踏まえ、添付書類「IV-1-1-2 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す各岩種の湿潤密度を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.11-3 図 単位体積重量の設定結果

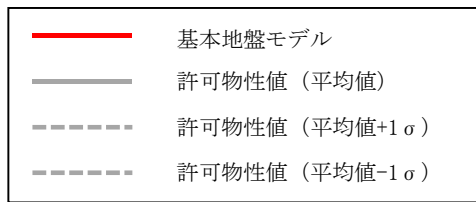
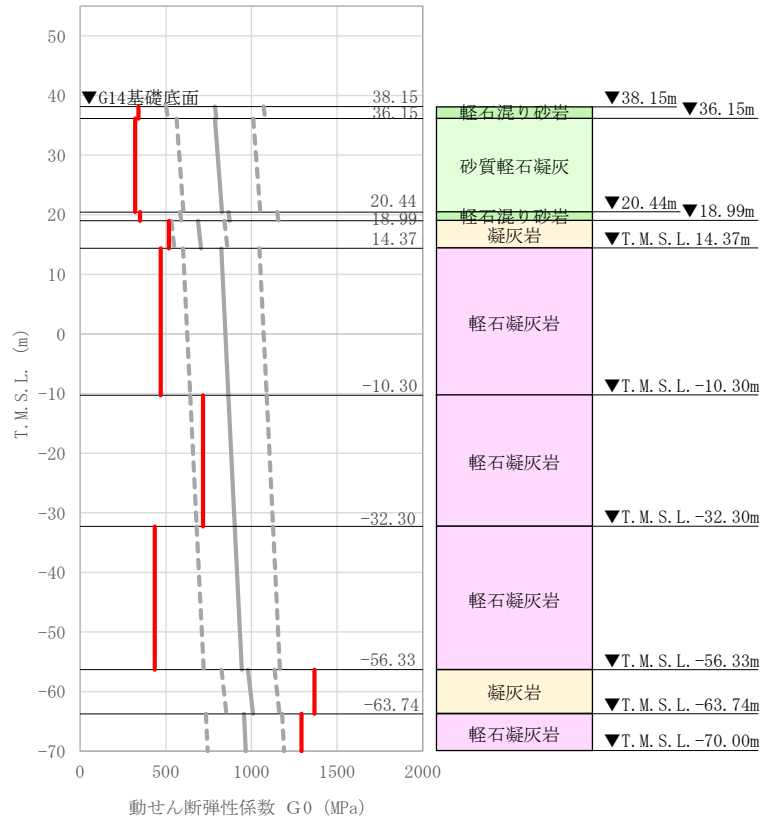
(3) 地盤物性値の設定結果

G14 グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.11-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.11-4 図に示す。設定した物性値のうち、T.M.S.L.-56.33m 以浅については、設定した物性値が許可物性値と比較して小さい値であり、敷地の平均的な特徴に比べて剛性が小さい傾向を有する。一方で、T.M.S.L.-56.33m 以深については、設定した物性値が許可物性値と比較して大きい値であり、敷地の平均的な特徴に比べて剛性が大きい傾向を有する。

第 3.11-1 表 G14 グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽G16基礎底面 40.95				
▽G14基礎底面 38.15	軽石混り砂岩	15.8	460	1700
36.15	砂質軽石凝灰岩	14.9	460	1700
20.44	軽石混り砂岩	16.2	460	1700
18.99	凝灰岩	16.2	560	1800
14.37		14.7	560	1800
-10.30	軽石凝灰岩	15.2	680	1800
-32.30		15.2	530	1900
-56.33	凝灰岩	16.2	910	1900
-63.74	軽石凝灰岩	15.3	910	1900
▽解放基盤表面 -70.00	—	15.3	910	1900



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.11-4 図 せん断弾性係数の設定結果

3.12 E 施設周辺グループにおける物性値の設定結果

(1) 速度構造の設定

速度構造については、第 2-1 表に示す E 施設周辺グループの PS 検層結果 (J-T, J_-5, J_-T_, C_-U, K-T) により設定する。物性値の設定に用いた PS 検層孔の S 波速度、P 波速度及び地質柱状図を第 3.12-1 図に示す。

岩種境界については、E 施設周辺グループにおける複数の孔において分布する主要な岩種 (泥岩 (上部層), 砂岩・凝灰岩互層, 礫混り砂岩) の境界レベルを岩種境界として設定することとし、その境界レベルは当該岩種が分布する孔における境界レベルを平均して設定した。

速度境界の探査の結果、第 3.12-2 図～第 3.12-6 図に示すとおり、T.M.S.L. -14m, T.M.S.L. -22m, T.M.S.L. -33m, T.M.S.L. -50m 及び T.M.S.L. -57m において、各レベルを境に上層の S 波速度平均値に対する変動係数と下層の S 波速度の平均値に対する変動係数が共に急変することから、上記 5 つの標高を速度境界として設定する。なお、第 3.12-7 図に示す地質柱状図の比較結果のとおり、礫混り砂岩の上面レベルの平均高さ算定において、C_-U 孔は他の 3 孔 (J-T, J_-5, J_-T_) に比べて礫混り砂岩の上面レベルの境界レベルが深く、第 3.12-1 図(4/5)の地質柱状図のとおり T.M.S.L. -76.00m において確認される。これについては、第 3.12-1 図(4/5)の PS 検層結果より、砂岩・凝灰岩互層から礫混り砂岩の岩種境界において速度境界は見られない。

この特徴については、第 3.12-1 図に示す注釈のとおり、E 施設周辺グループの C_-U 孔を除く 3 孔 (J-T, J_-5, J_-T_) の速度構造でも同様に礫混り砂岩の上面レベルにおいて速度境界は見られない傾向となっていることから、C_-U 孔の物性値も含めて平均化することに問題はないと判断し、礫混り砂岩の上面レベルについては全ての孔の値を平均して設定した。

また、砂岩・凝灰岩互層の上面レベルの平均高さは T.M.S.L. -51m であることを踏まえ、T.M.S.L. -50m の速度境界については砂岩・凝灰岩互層の上面レベルの平均高さに補正した。

E 施設周辺グループの建物・構築物のうち、A2 基礎については、第 3.12-7 図に示す鷹架層上面レベルの平均高さ (T.M.S.L. 46m) よりも浅部に設置されるが、基礎直下には MMR が施工されている。MMR 部分については、支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR 直下の物性値を設定した。

なお、設定した物性値（第 3.12-1 表）について、A2 基礎については、基礎下端レベルの T. M. S. L. 47.50m 直下の S 波速度 ($V_s=560\text{m/s}$) に対し、A2 基礎直下の PS 検層結果 (K-T 孔) は、第 3.12-1 図 (5/5) に示すとおり、A2 基礎下端レベルから T. M. S. L. 40.00m の範囲において、S 波速度が小さい値 ($V_s=340\text{m/s}$) となっている。これは、鷹架層上部層のうち表層に近い比較的柔らかい岩盤や表層地盤が存在しているためである。ここで、第 3.12-9 図に示す A2 基礎直下の地下構造を確認すると、A2 基礎の直下には、厚さ 4m 程度の MMR が設置されており、MMR を介して岩着していることから、MMR 直下の物性値を設定した。

上記に基づき設定した E 施設周辺グループの速度構造及び PS 検層結果の比較を第 3.12-8 図に示す。

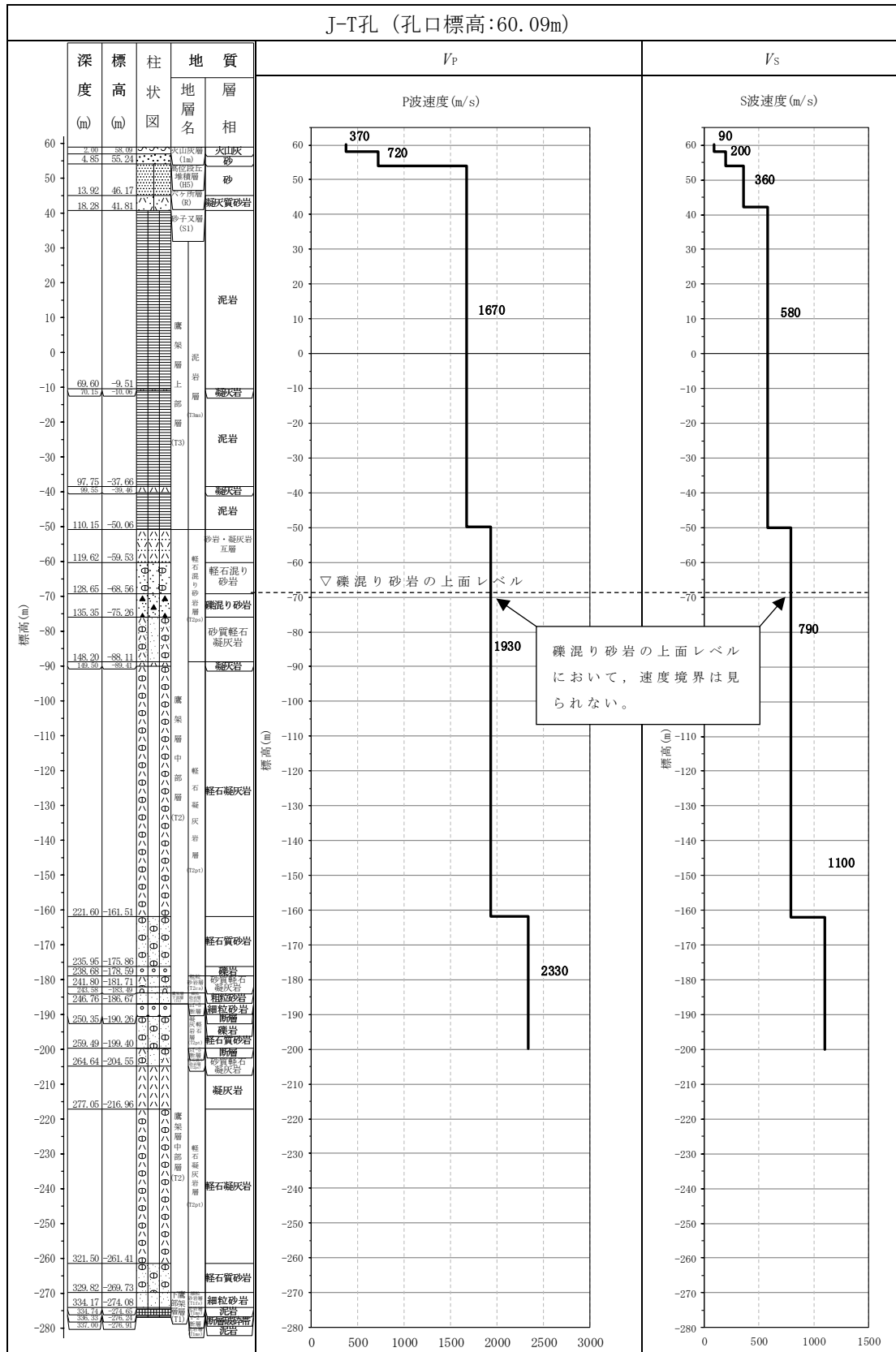
なお、E 施設周辺グループの速度構造については、地質構造に違いの見える K-T 孔も含め平均化をおこなっている。

K-T 孔においては、第 3.12-7 図に示すとおり他の 4 孔 (J-T, J_-5, J_-T_, C_-U) と異なり、泥岩 (上部層) の下層に軽石凝灰岩が分布し、第 3.12-1 図 (5/5) の PS 検層結果のとおりその境界レベル (T. M. S. L. -21.98m) において速度のコントラスト ($V_s=590\sim 720\text{m/s}$) が確認できる。

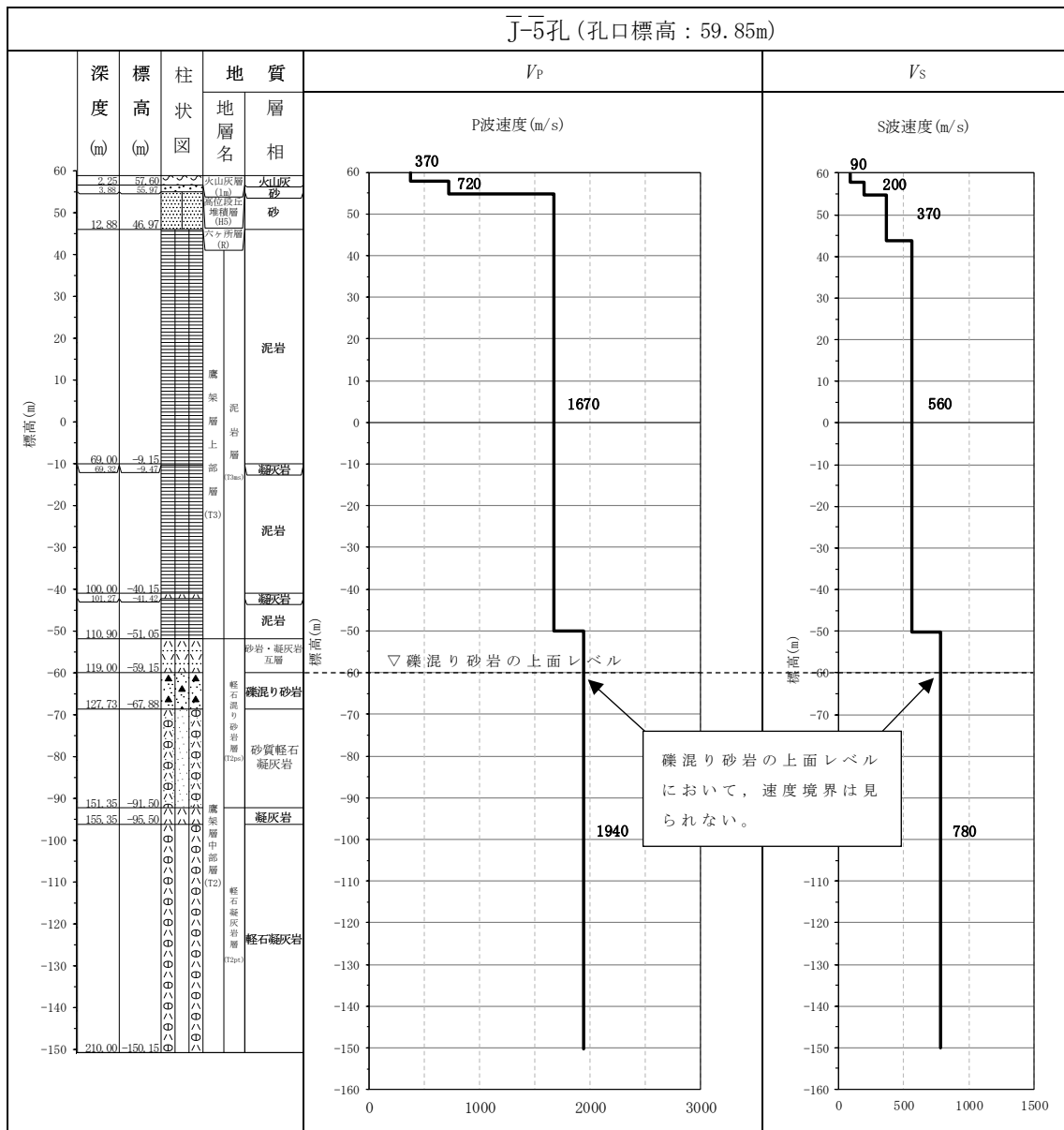
一方、K-T 孔以外の孔においては、第 3.12-7 図に示すとおり軽石凝灰岩の分布は認められず、T. M. S. L. -22m 付近においては泥岩 (上部層) が分布しており、第 3.12-1 図 (3/5) の PS 検層結果のとおり J_-T_ 孔における泥岩 (上部層) 中で速度のコントラスト ($V_s=510\sim 720\text{m/s}$) が確認でき、上記の K-T 孔における泥岩 (上部層) と軽石凝灰岩の速度のコントラスト ($V_s=590\sim 720\text{m/s}$) と同等となっている。

また、第 3.12-1 図 (3/5) 並びに第 3.12-1 図 (4/5) の PS 検層結果のとおり J_-T_ 孔及び C_-U 孔における泥岩 (上部層) 中の速度境界レベルは、T. M. S. L. -15m ~ -30m であり、K-T 孔における泥岩 (上部層) と軽石凝灰岩の境界レベル (T. M. S. L. -21.98m) と同等の標高になっている。

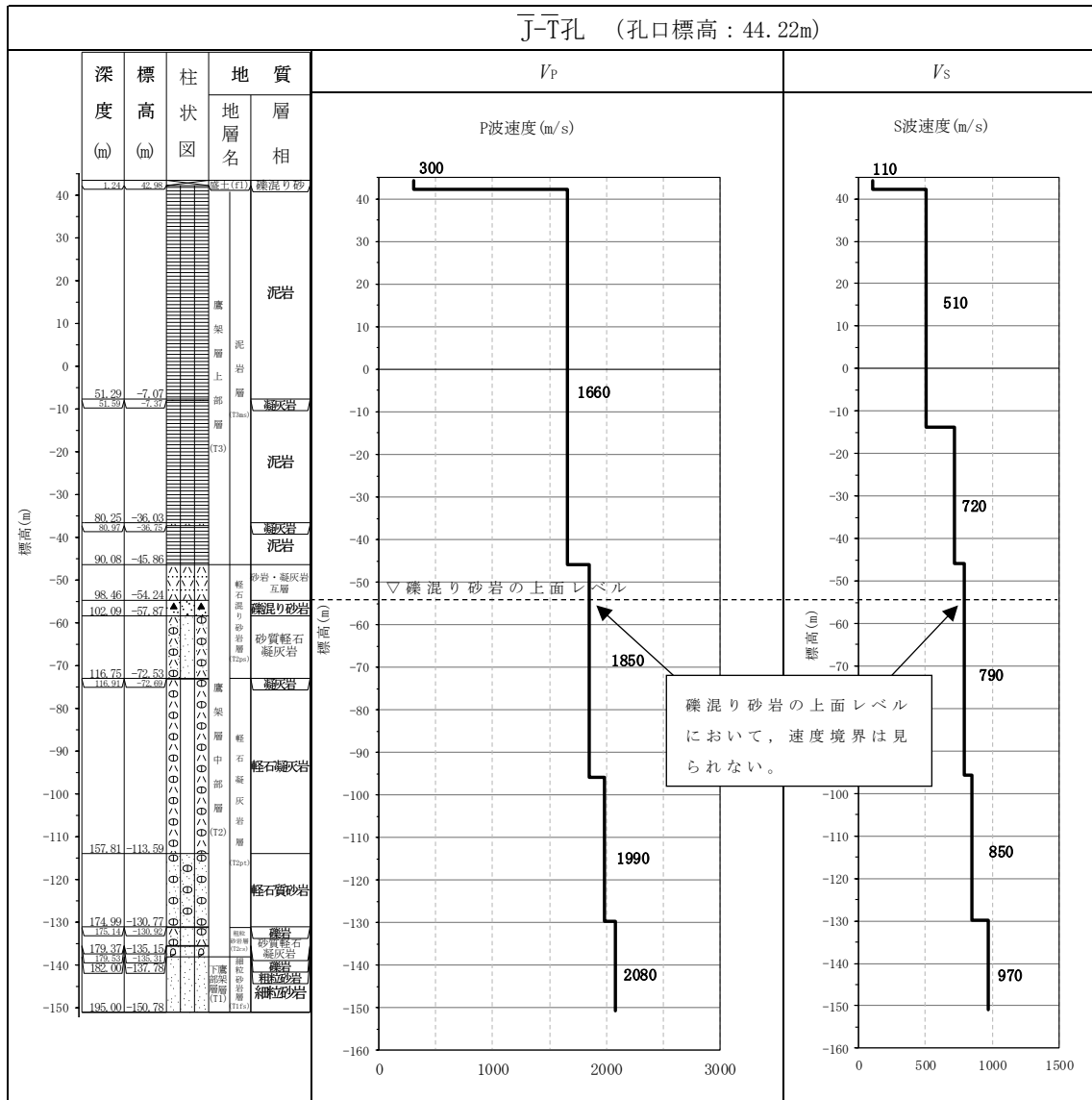
以上を踏まえ速度のコントラスト及び速度境界レベルが同等であることから速度構造として K-T 孔の物性値も含めて平均化することに問題はないと判断し、速度構造については、全ての孔の値を平均して設定した。



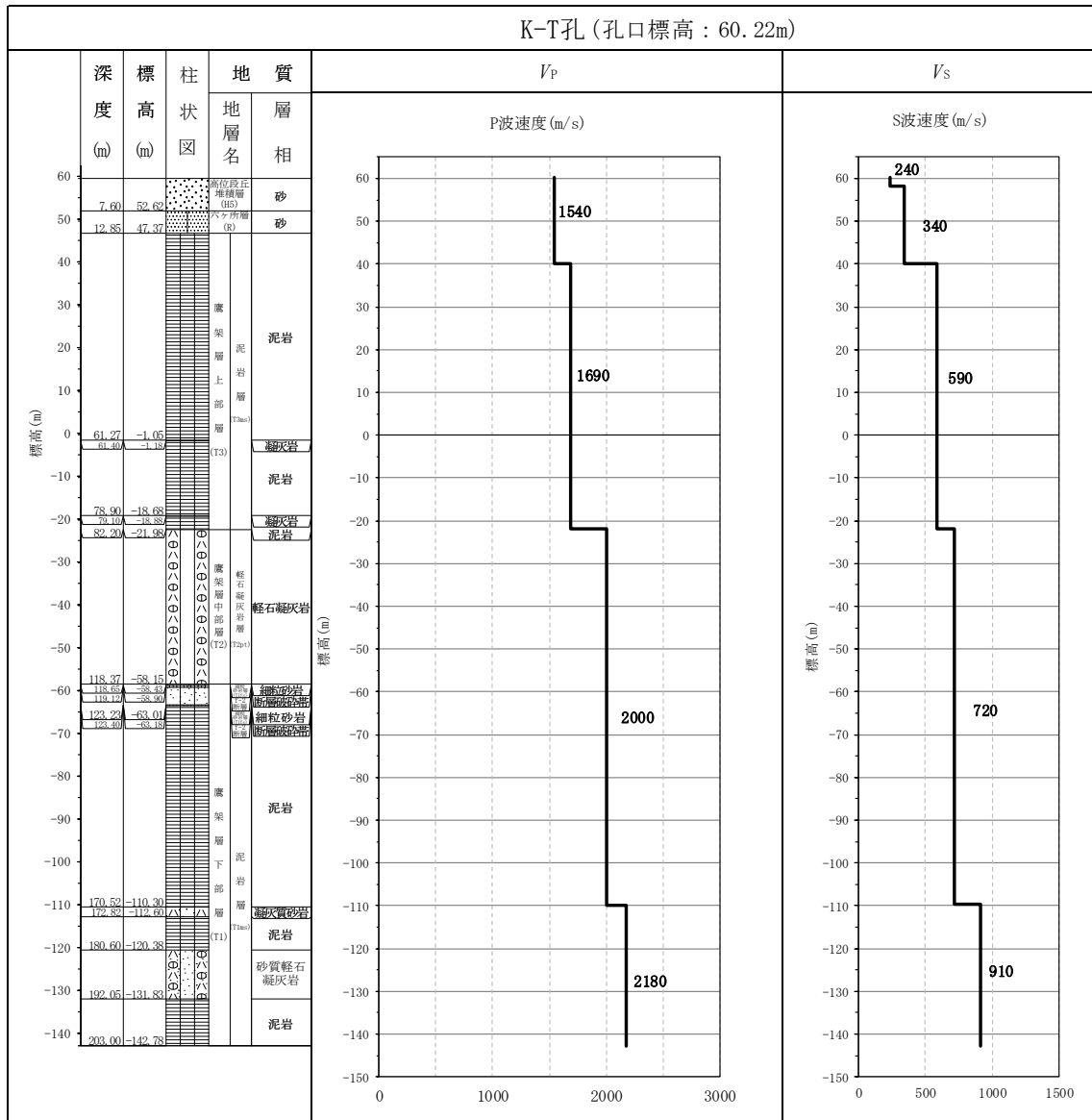
第 3.12-1 図 PS 検層結果 (E 施設周辺グループ) (1/5)



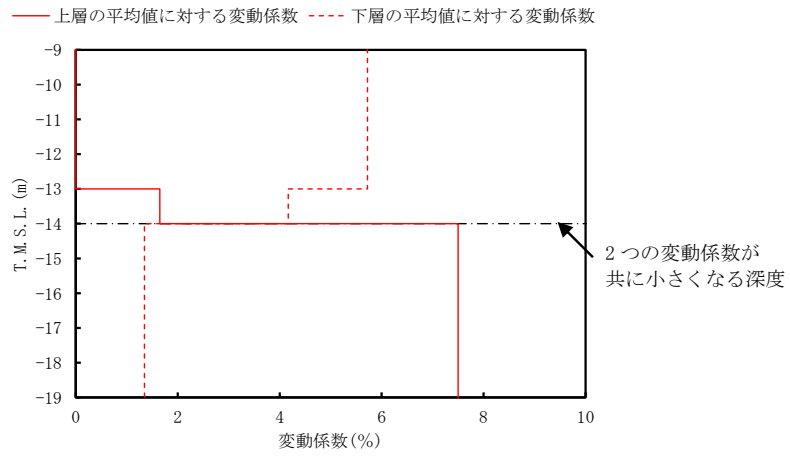
第 3.12-1 図 PS 検層結果 (E 施設周辺グループ) (2/5)



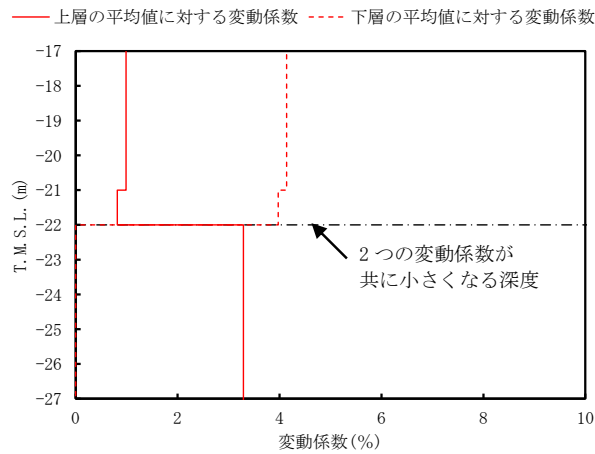
第 3.12-1 図 PS 検層結果 (E 施設周辺グループ) (3/5)



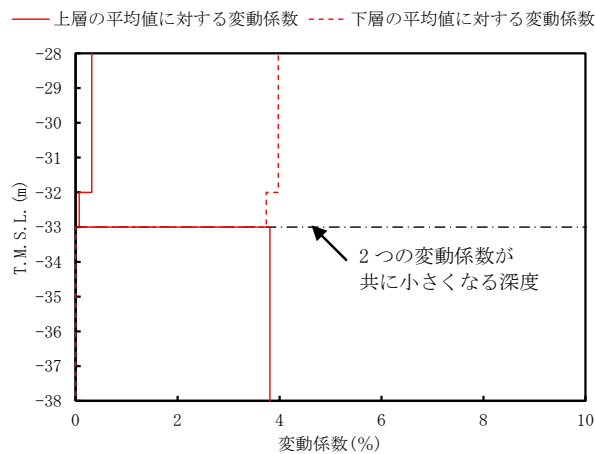
第 3.12-1 図 PS 検層結果 (E 施設周辺グループ) (5/5)



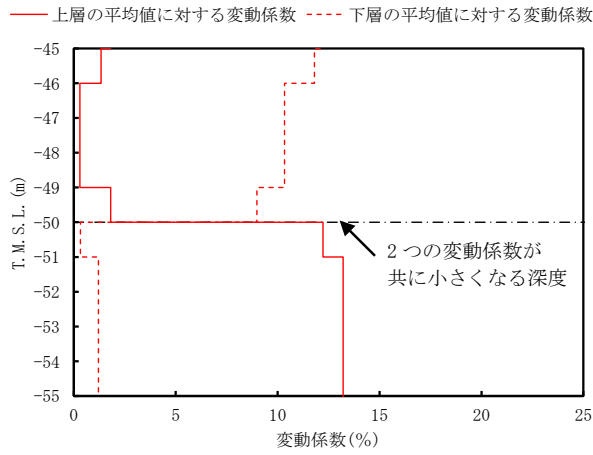
第 3.12-2 図 S 波速度の変動係数の分布 (T. M. S. L. -14m 付近)



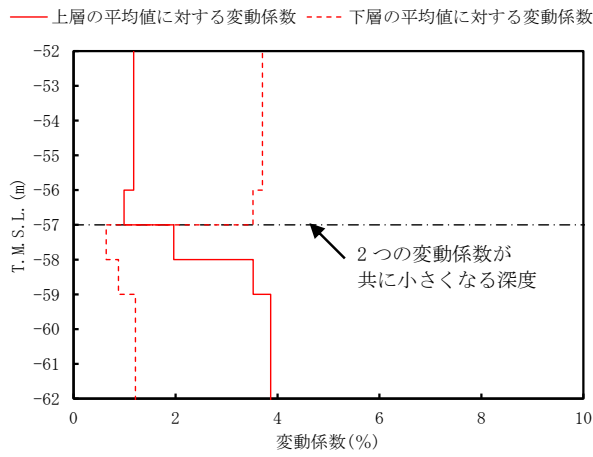
第 3.12-3 図 S 波速度の変動係数の分布 (T. M. S. L. -22m 付近)



第 3.12-4 図 S 波速度の変動係数の分布 (T. M. S. L. -33m 付近)

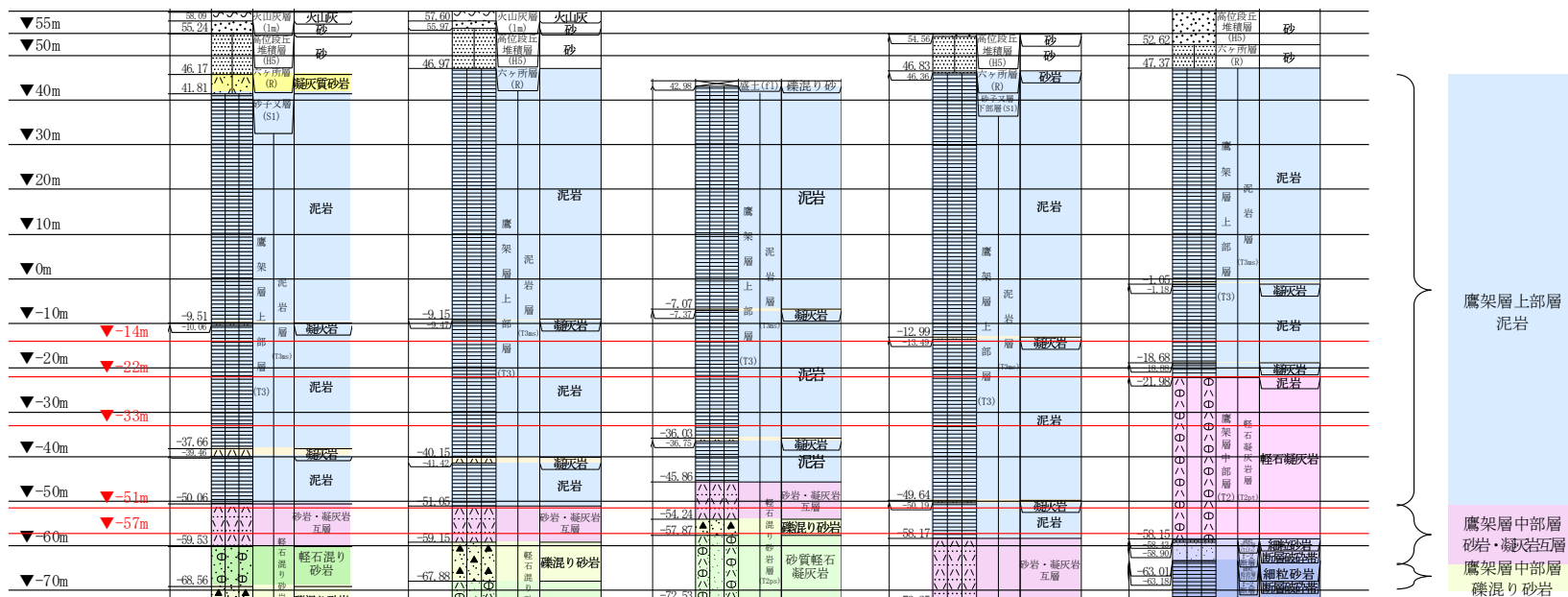


第 3.12-5 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -50m 付近)



第 3.12-6 図 S 波速度の変動係数の分布 (T.M.S.L. -57m 付近)

T. M. S. L. (m) 孔名: J-T 孔口標高: 60.09 J_-5_ 59.85 J_-T_ 44.22 C_-U_ 55.06 K-T 60.22



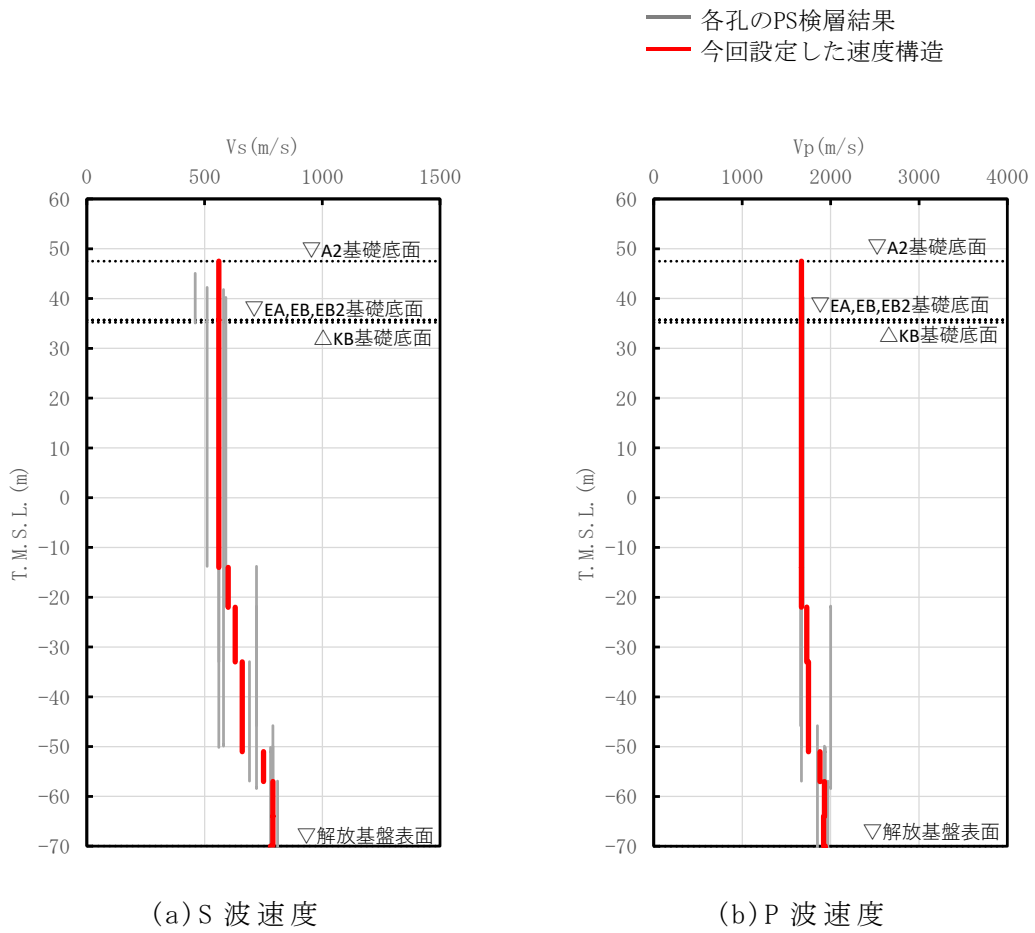
J-T 孔は、T. M. S. L. -68.56m において、礫混り砂岩の上面レベルが確認される。
(第 3.12-1 図 (1/5) より)

C-U 孔は、T. M. S. L. -76.00m において、礫混り砂岩の上面レベルが確認される。
(第 3.12-1 図 (4/5) より)

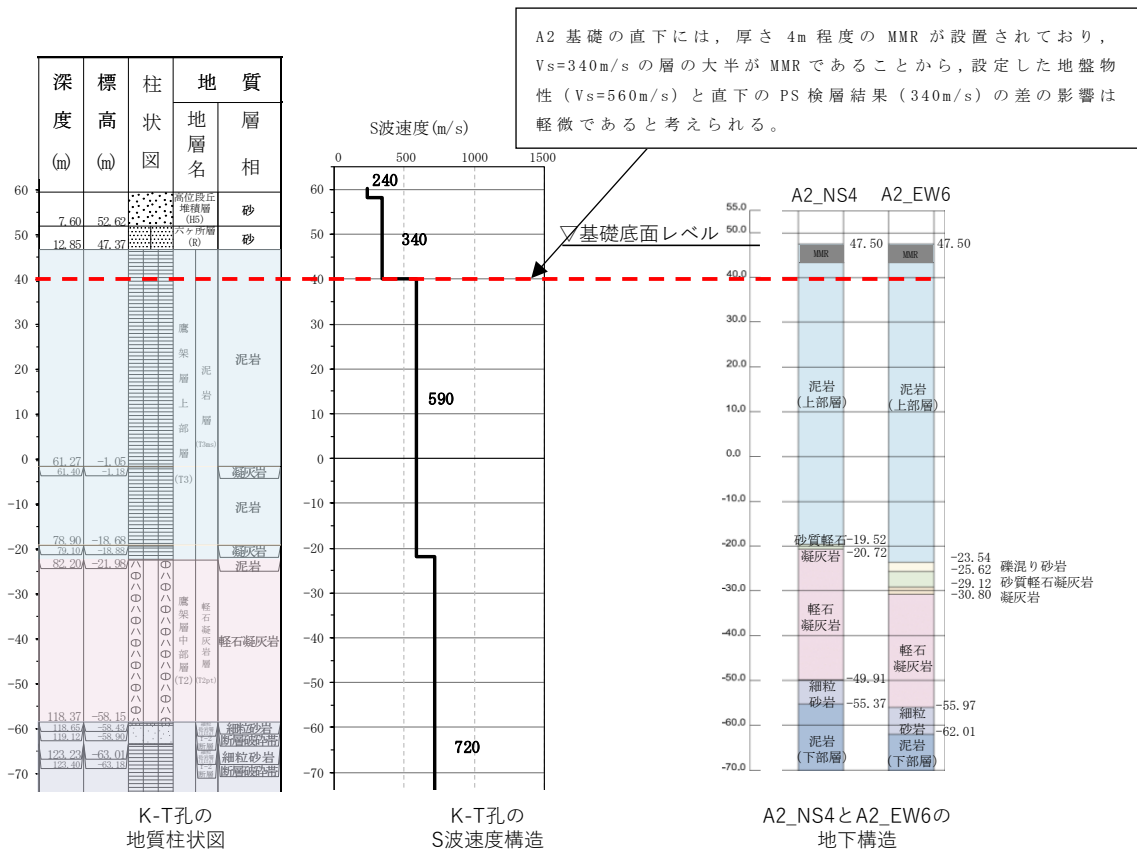
注記 : 赤線は速度境界レベルを示す。

岩盤の最上面レベル = $(46.17 \text{ m} + 46.97 \text{ m} + 42.98 \text{ m} + 46.36 \text{ m} + 47.37 \text{ m}) / 5 = 45.97 \text{ m} \approx 46 \text{ m}$
 砂岩・凝灰岩互層の上面レベル平均高さ = $((-50.06 \text{ m}) + (-51.05 \text{ m}) + (-45.86 \text{ m}) + (-58.17 \text{ m})) / 4 = -51.29 \text{ m} \approx -51 \text{ m}$
 礫混り砂岩の上面レベル平均高さ = $((-68.56 \text{ m}) + (-59.15 \text{ m}) + (-54.24 \text{ m}) + (-76.00 \text{ m})) / 4 = -64.49 \text{ m} \approx -64 \text{ m}$

第 3.12-7 図 PS 検層孔の地質柱状図



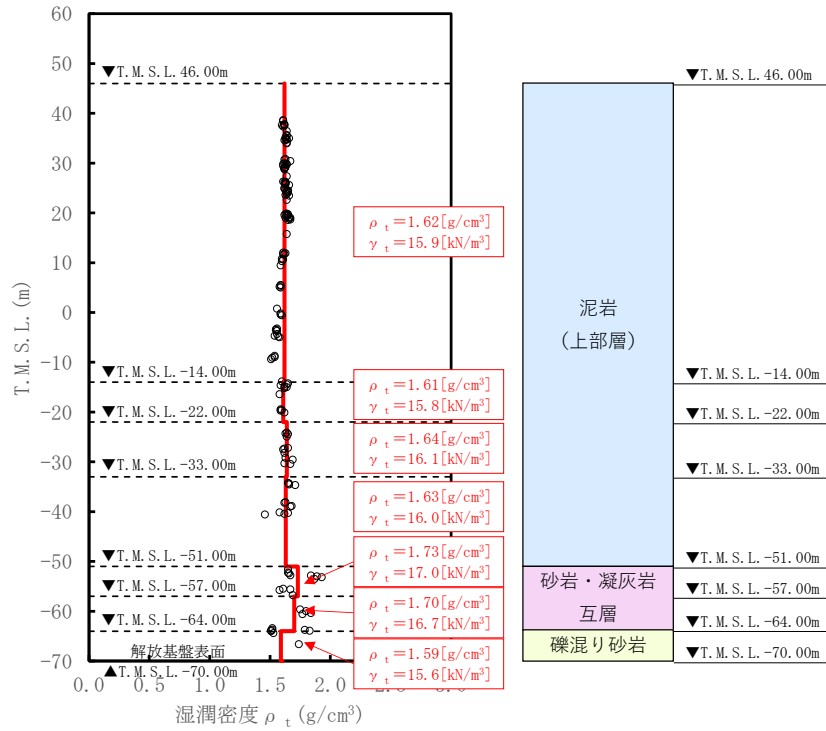
第 3.12-8 図 E 施設周辺グループの速度構造と PS 検層結果の比較



第 3.12-9 図 K-T 孔及び A2 直下の地下構造及び速度構造の対応

(2) 単位体積重量の設定

単位体積重量は、第 3.12-10 図に示すとおり、速度構造の設定に用いた PS 検層孔において得られている湿潤密度試験結果に基づき、各岩種ごとに平均値を設定した。



注記 : 赤実線及び赤字は地盤モデルに設定した値を示す。

γ_t は ρ_t に重力加速度 ($g=9.80665\text{m/s}^2$) を乗じた値を設定する。

第 3.12-10 図 単位体積重量の設定結果

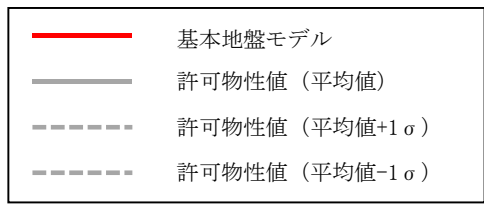
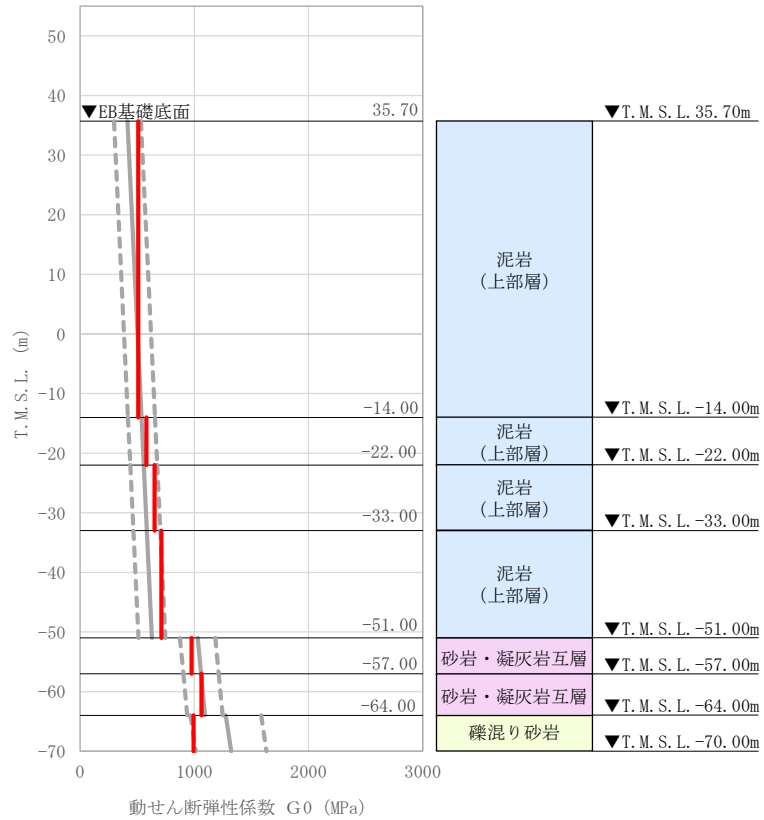
(3) 地盤物性値の設定結果

E 施設周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づいて設定した物性値を第 3.12-1 表に示す。

また、上記で設定した物性値について、事業変更許可申請書に示す許可物性値との比較を第 3.12-11 図に示す。設定した物性値は許可物性値と比較して近い値であり、敷地の平均的な特徴に近い傾向を有する。

第 3.12-1 表 E 施設周辺グループの直下又は近傍の PS 検層結果に基づく物性値

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S 波速度 V_s (m/s)	P 波速度 V_p (m/s)
▽A2基礎底面 47.50				
▽EA, EB, EB2基礎底面 35.70				
▽KB基礎底面 35.20		15.9	560	1670
-14.00	泥岩（上部層）	15.8	600	1670
-22.00		16.1	630	1730
-33.00		16.0	660	1750
-51.00		17.0	750	1880
-57.00	砂岩・凝灰岩 互層	16.7	790	1930
-64.00		15.6	790	1920
▽解放基盤表面 -70.00	礫混り砂岩	15.6	790	1920
	—	15.6	790	1920



注記 : 赤実線は地盤モデルに設定した値から求まるせん断弾性係数を示す。

第 3.12-11 図 せん断弾性係数の設定結果

4. まとめ

本資料においては、一般的・標準的な手法に基づき、地盤の実態を考慮したパラメータとして、近接する建屋グループ（全 12 グループ）に対し岩盤部分の物性値等の設定を行った。

参考 1

直下において PS 検層が実施されていない建物・構築
物直下又は近傍の地質調査データ及び
岩盤分類図との比較

目 次

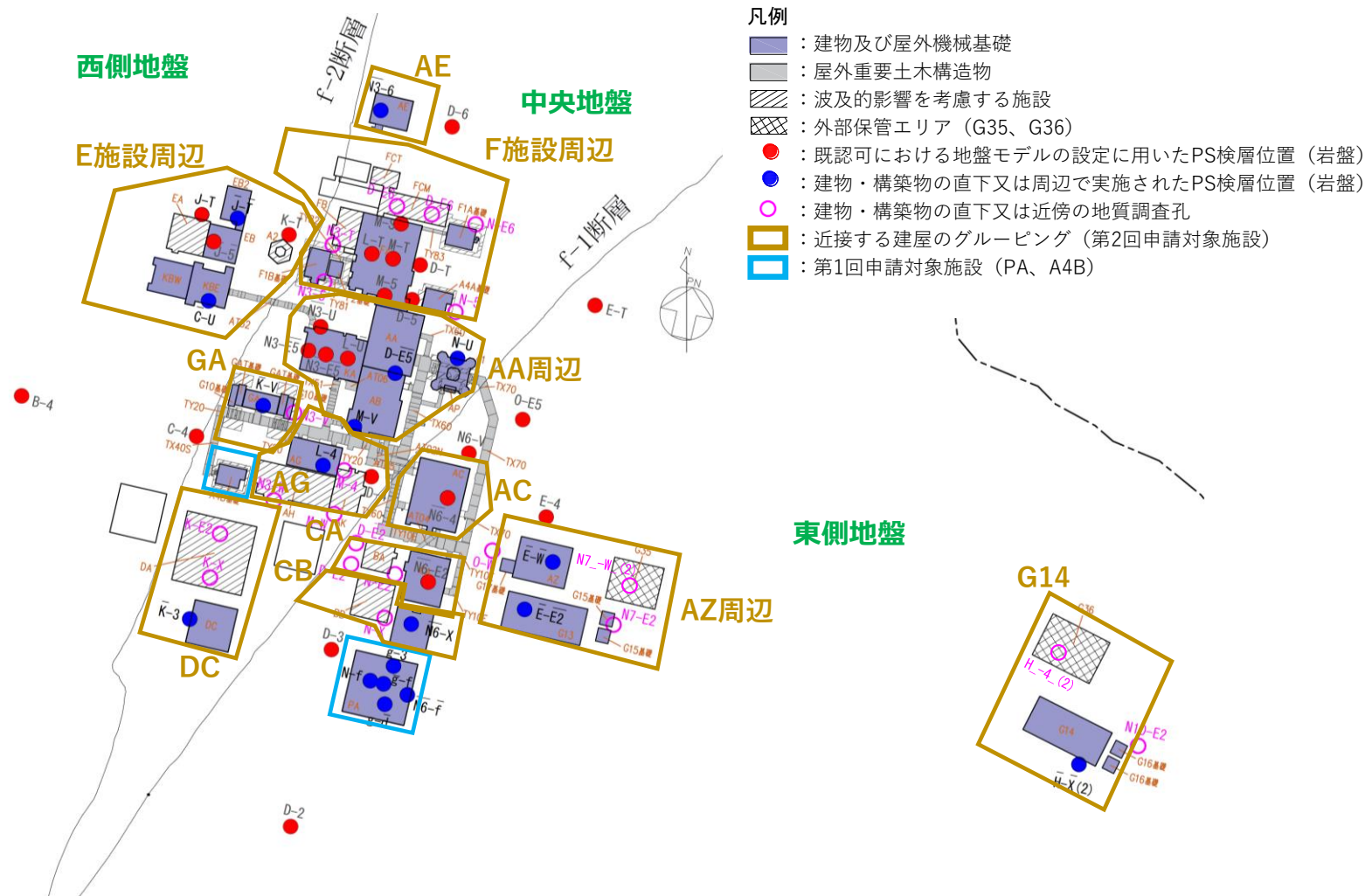
	ページ
1. 概要	1
2. 地質柱状図	1
3. 地質柱状図と岩盤分類図との比較	6

1. 概要

直下において PS 検層が実施されていない建物・構築物直下又は近傍の地質調査データと岩盤分類図との比較を示す。

2. 地質柱状図

敷地内で得られたボーリング孔位置を図 2-1 に示す。また，建物・構築物に対応する直下又は近傍の地質柱状図を図 2-2 に示す。



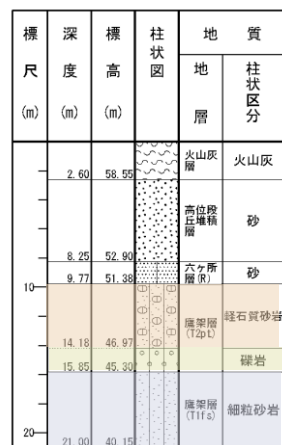
第 2-1 図 地質柱状図の配置とグルーピング

参考 1-2

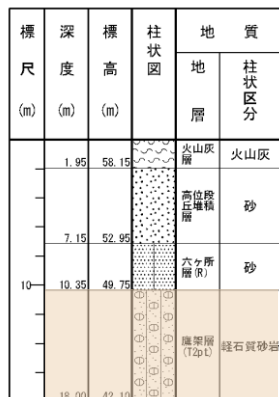
F施設周辺グループ

FCM建屋	F1A基礎	FB建屋	F1B基礎, F2基礎	A4A基礎
-------	-------	------	-------------	-------

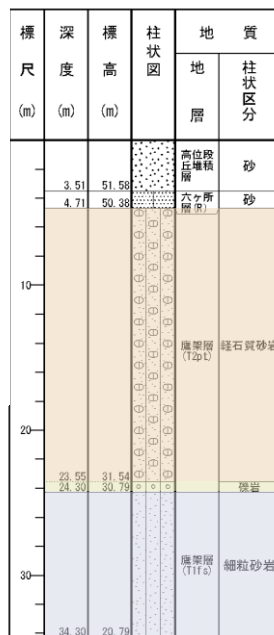
D_-E6孔



D-E6孔



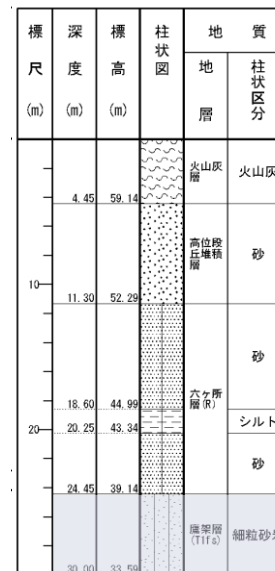
N-E6孔



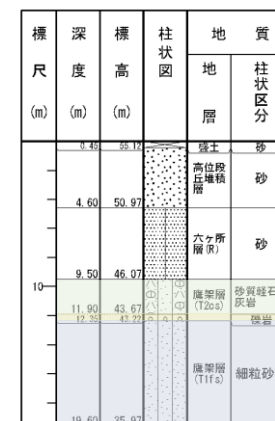
N3-T孔



N3-5孔



N-5孔



第2-2図 地質柱状図 (1/5)

参考 1-3

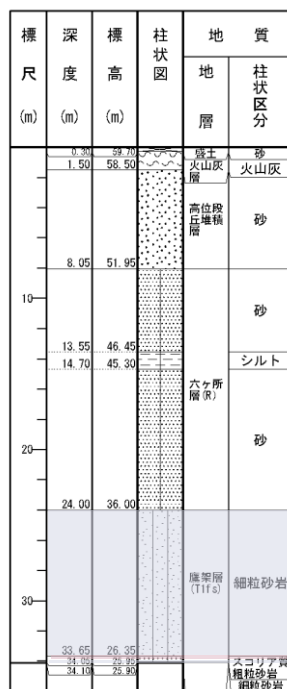
AGグループ

AH建屋	AK建屋
------	------

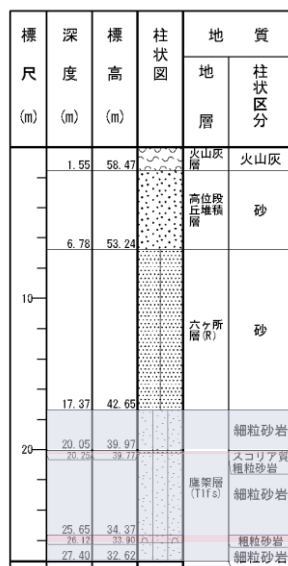
GAグループ

G10基礎

N3-W孔



M-4孔



M-W孔



N3-V孔



第 2-2 図 地質柱状図 (2/5)

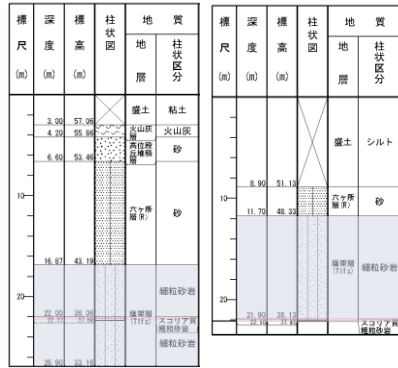
参考 1-4

DCグループ

DA建屋

K-E2孔

K-X孔



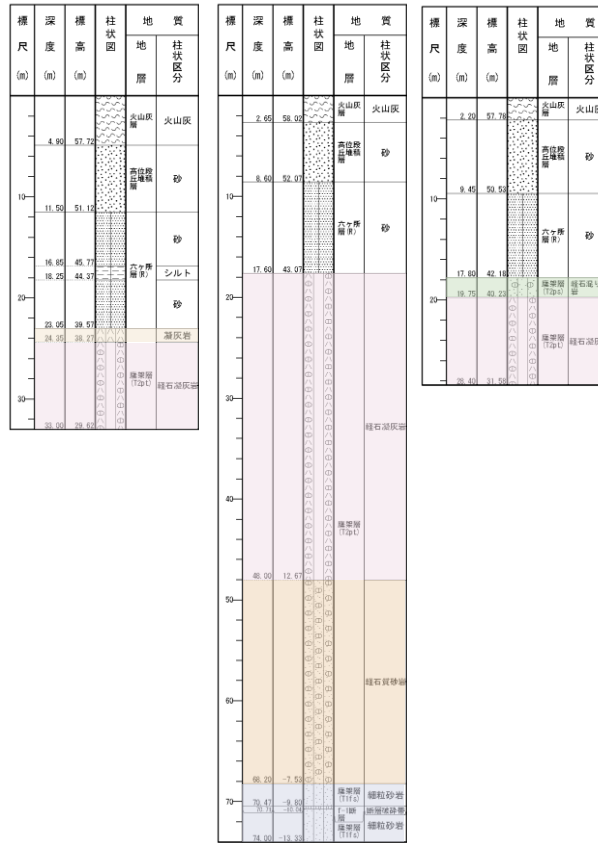
CAグループ

BA建屋

D-E2孔

D-E2_孔

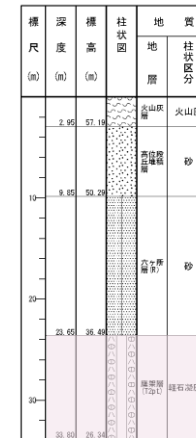
N-E2孔



CBグループ

BB建屋

N-X孔



第 2-2 図 地質柱状図 (3/5)

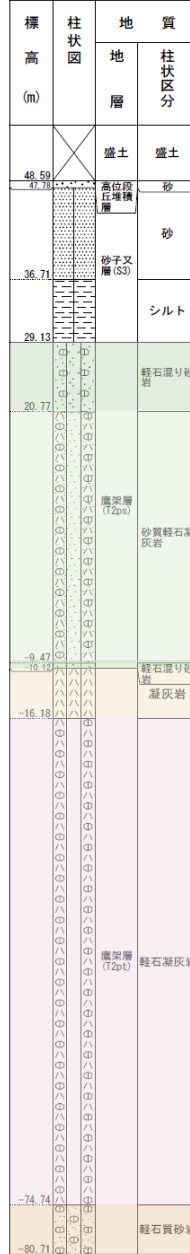
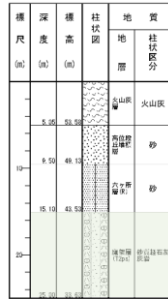
AZ周辺グループ

G15基礎	G17基礎	G35
-------	-------	-----

N7-E2孔

O-W孔

N7_-W_(2)



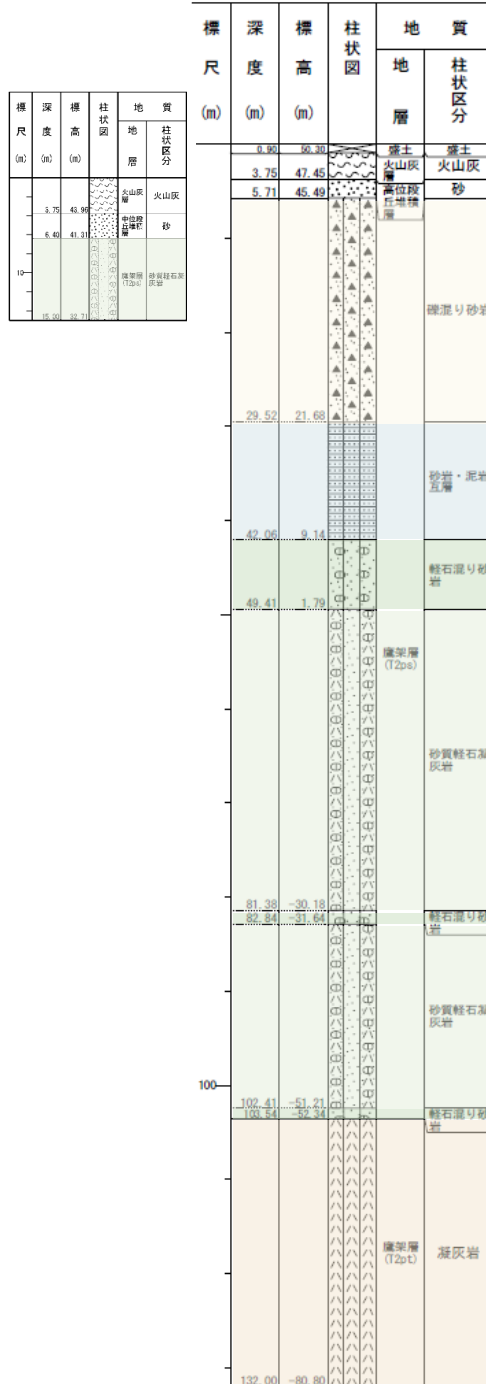
第 2-2 図 地質柱状図 (4/5)

G14グループ

G16基礎	G36
-------	-----

N10-E2孔

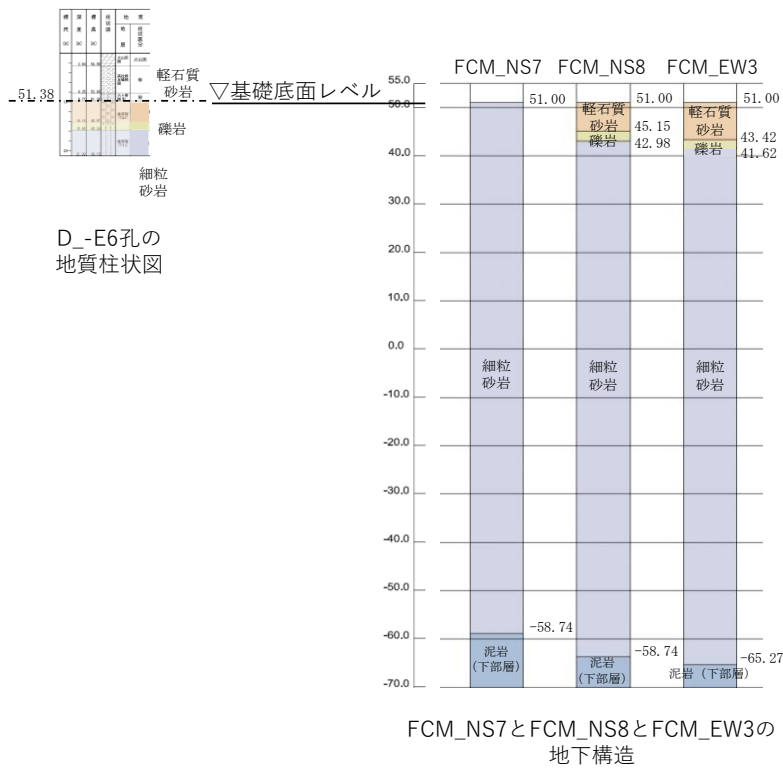
H_-4_(2)孔



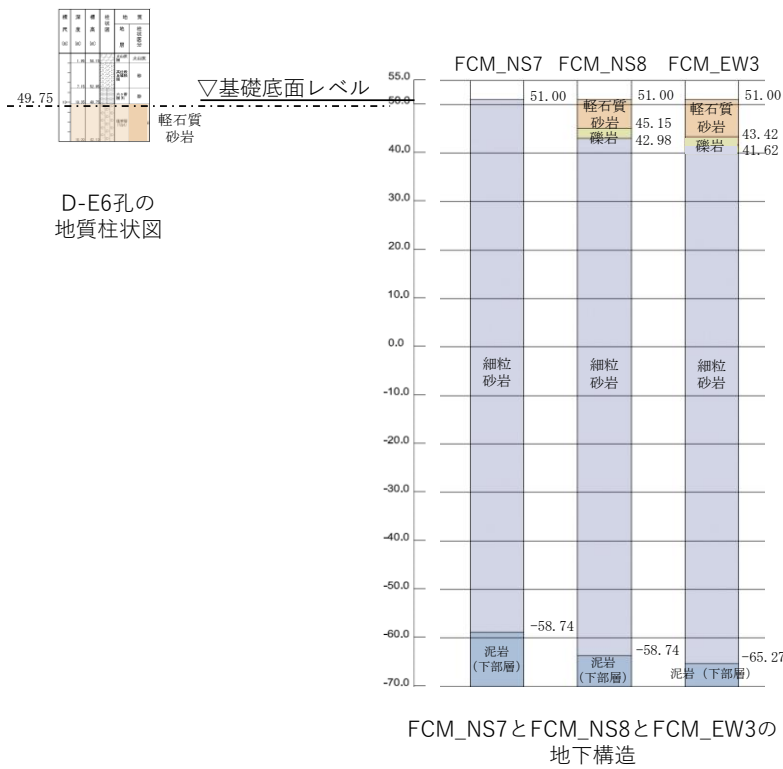
第 2-2 図 地質柱状図 (5/5)

3. 地質柱状図と岩盤分類図との比較

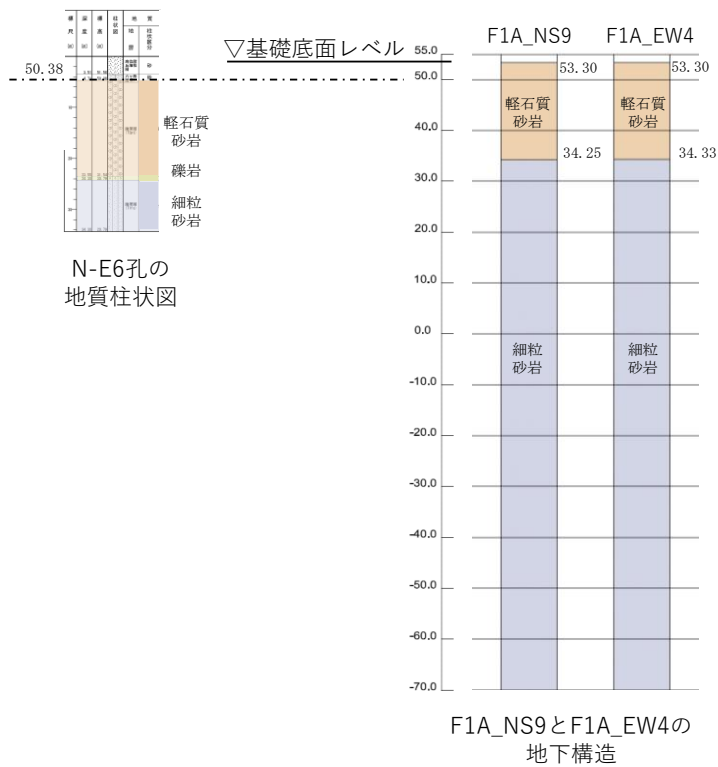
建物・構築物に対応する直下又は近傍の地質柱状図と岩盤分類図との比較を図 3-1～図 3-20 に示す。



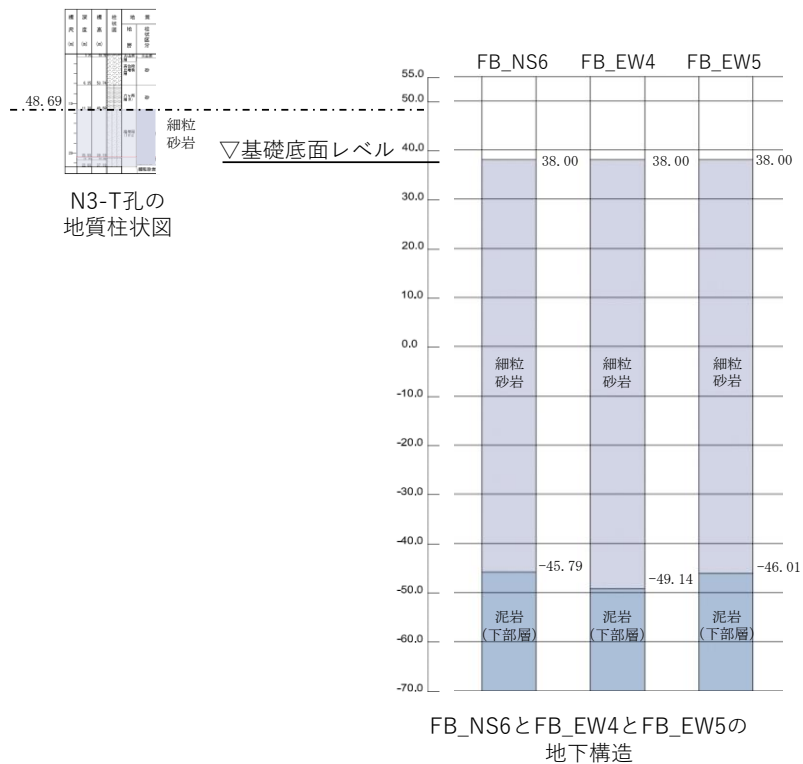
第 3-1 図 D_-E6 孔及び FCM 直下の地下構造の対応



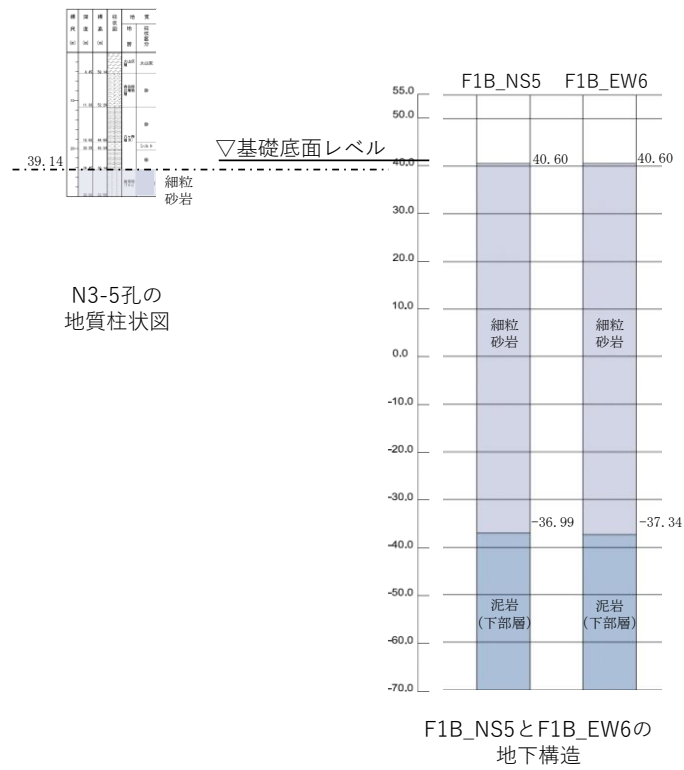
第 3-2 図 D-E6 及び FCM 直下の地下構造及び速度構造の対応



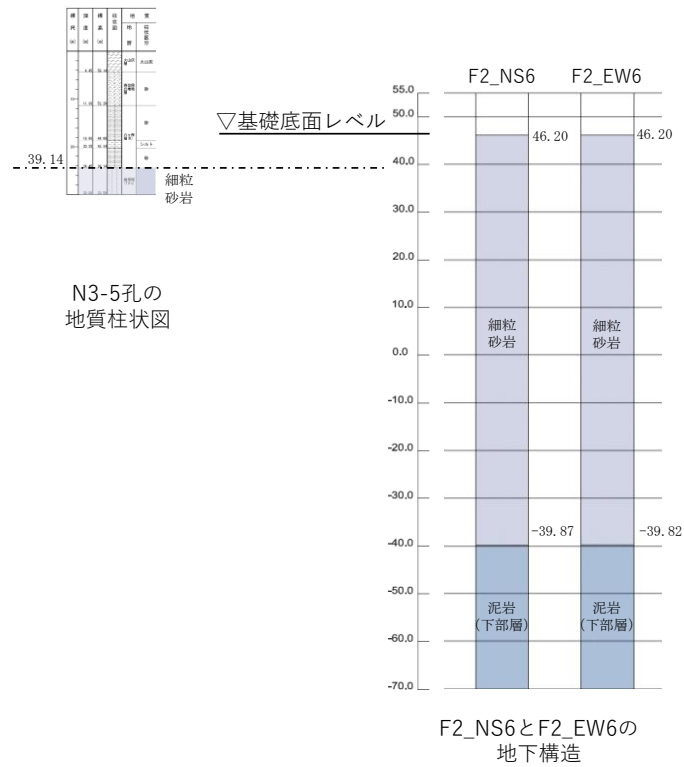
第 3-3 図 N-E6 孔及び F1A 直下の地下構造の対応



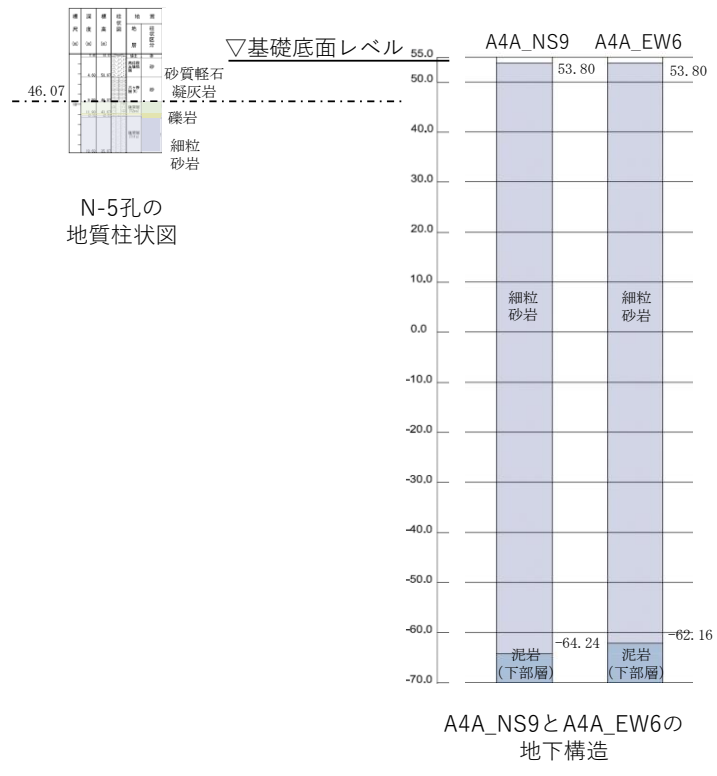
第 3-4 図 N3-T 及び FB 直下の地下構造及び速度構造の対応



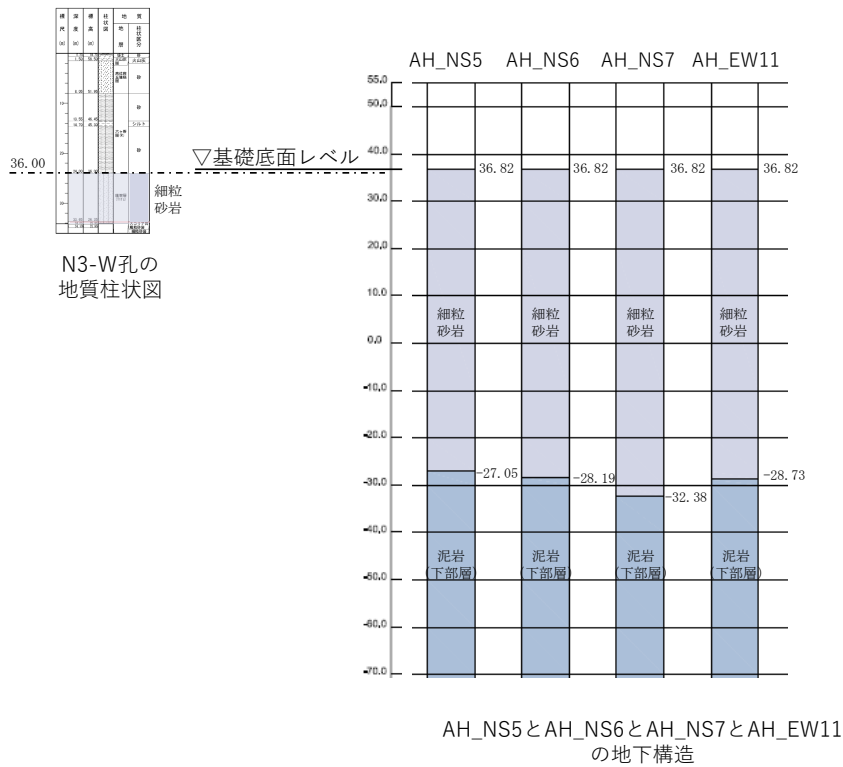
第 3-5 図 N3-5 孔及び F1B 直下の地下構造の対応



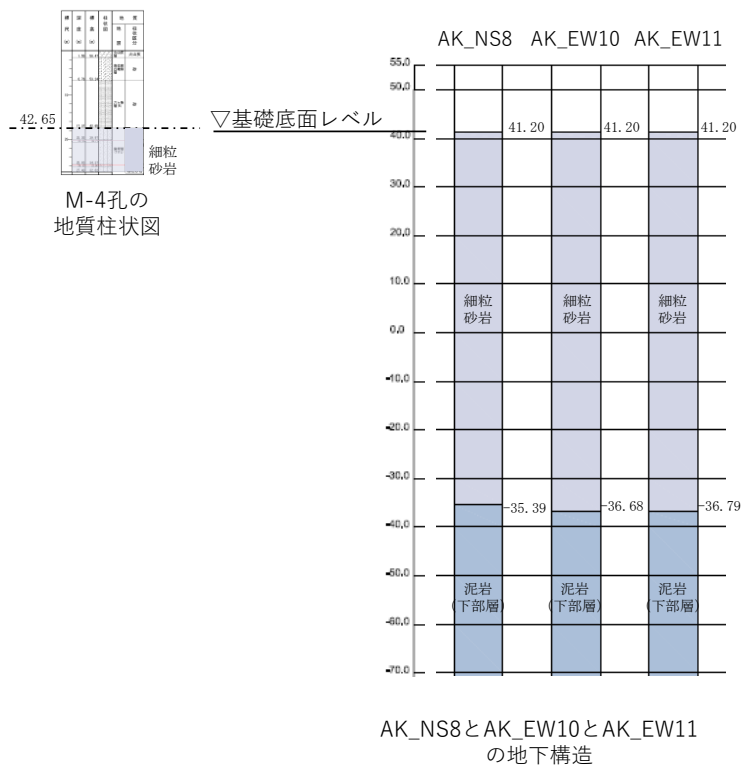
第 3-6 図 N3-5 及び F2 直下の地下構造及び速度構造の対応



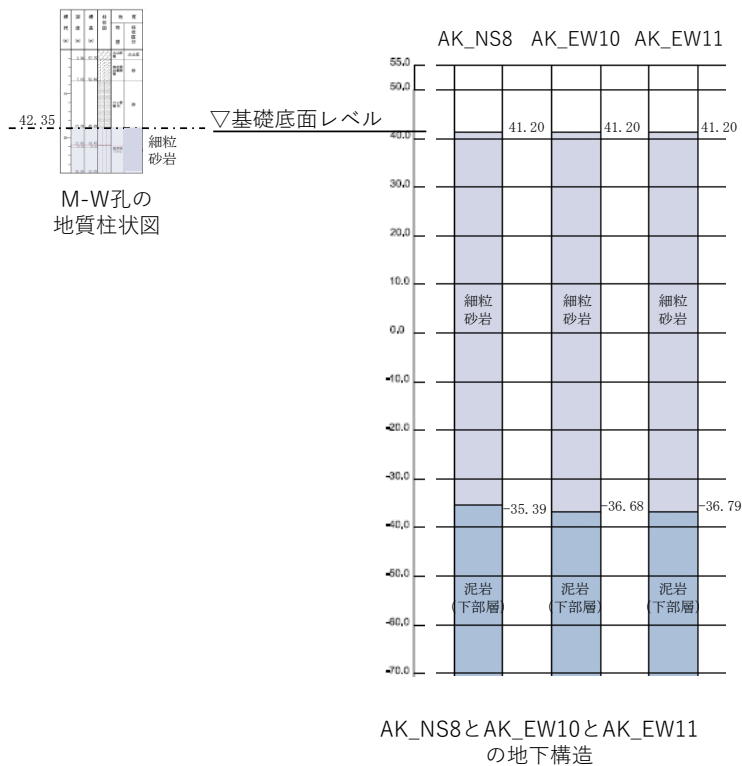
第 3-7 図 N-5 孔及び A4A 直下の地下構造の対応



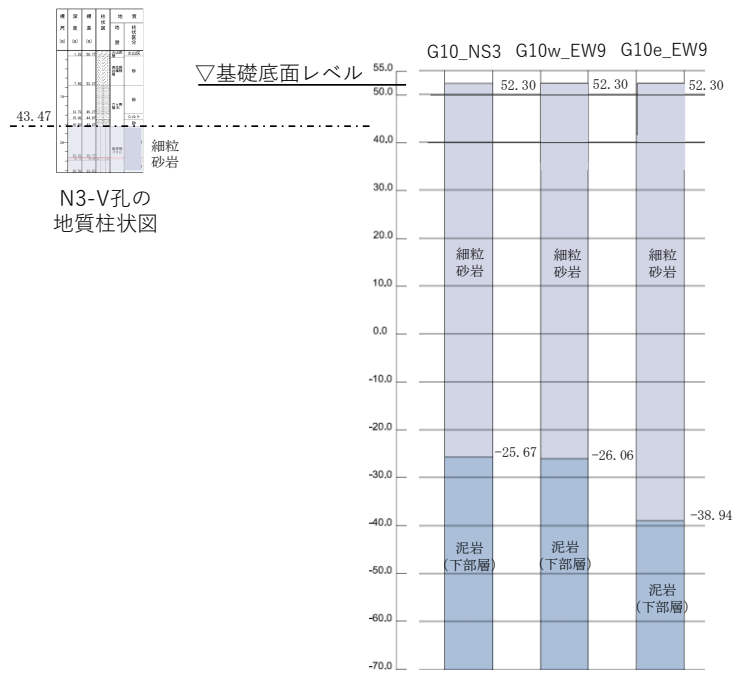
第 3-8 図 N3-W 孔及び AH 直下の地下構造の対応



第3-9図 M-4孔及びAK直下の地下構造の対応

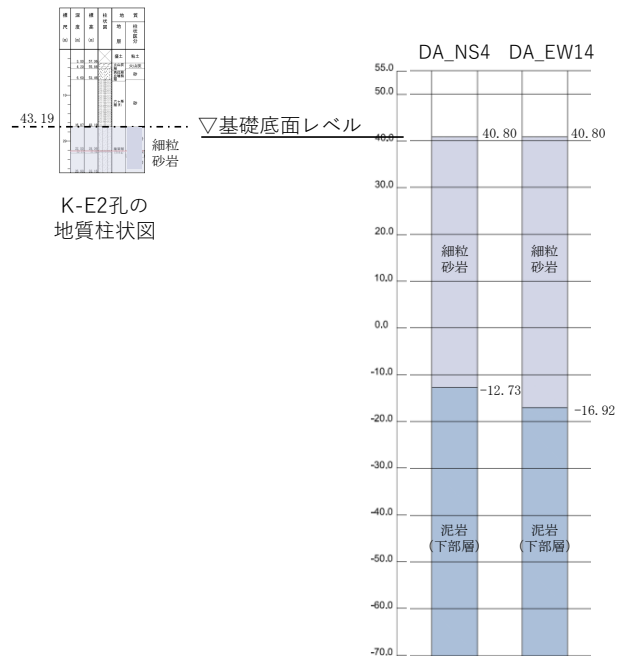


第3-10図 M-W孔及びAK直下の地下構造の対応



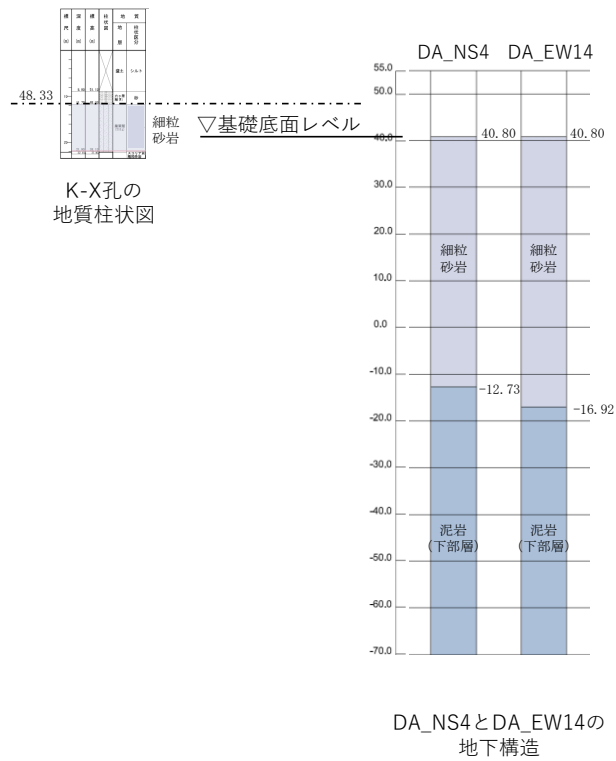
G10_Ns3とG10w_EW9とG10e_EW9の地下構造

第 3-11 図 N3-V 孔及び G10 直下の地下構造の対応

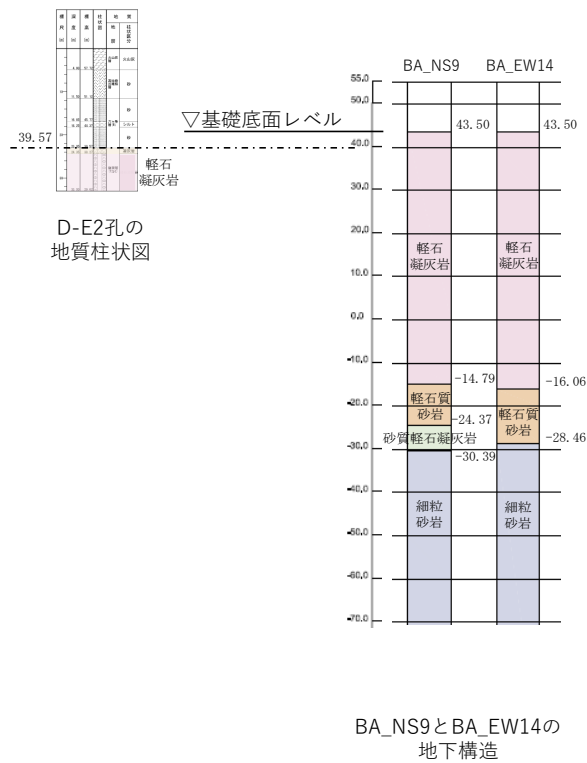


DA_Ns4とDA_EW14の地下構造

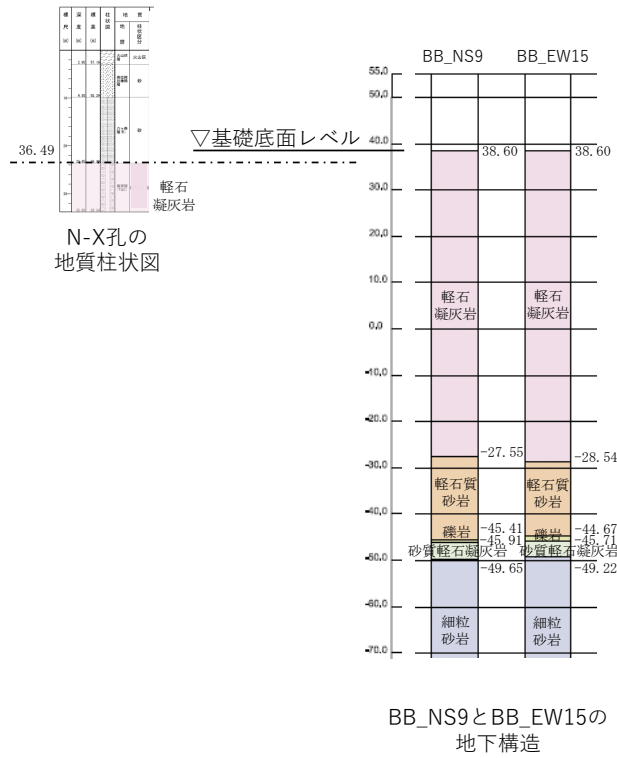
第 3-12 図 K-E2 孔及び DA 直下の地下構造の対応



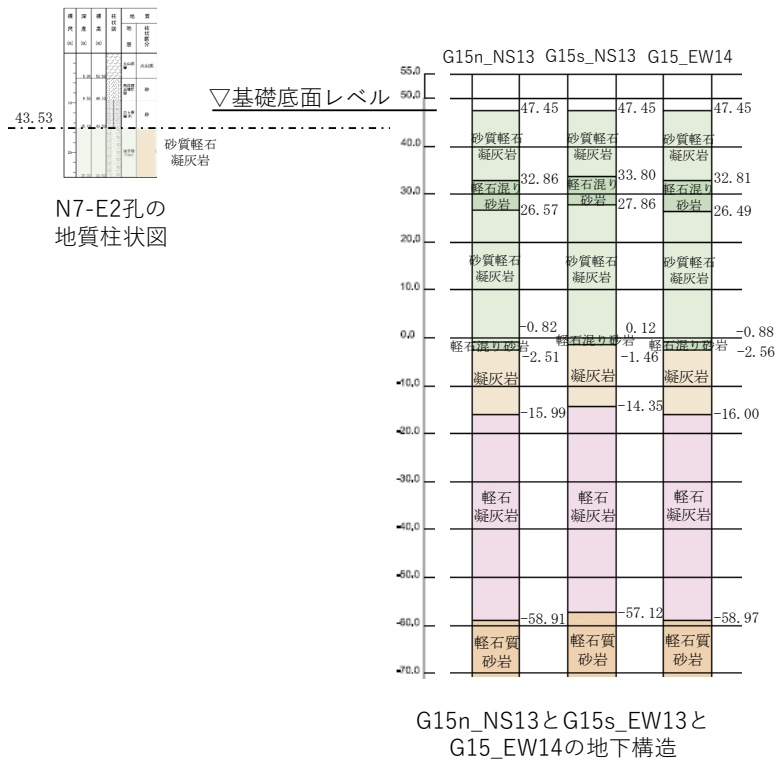
第 3-13 図 K-X 孔及び DA 直下の地下構造の対応



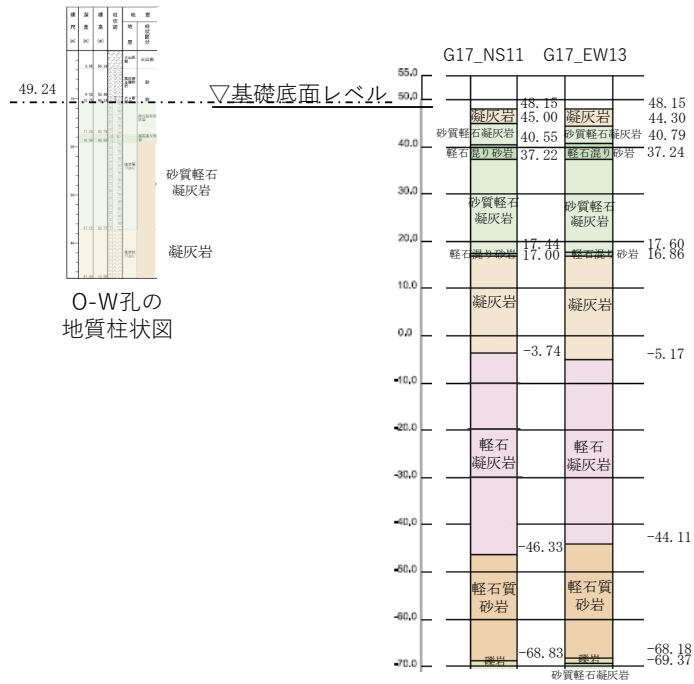
第 3-14 図 D-E2 孔及び BA 直下の地下構造の対応



第 3-17 図 N-X 孔及び BB 直下の地下構造の対応

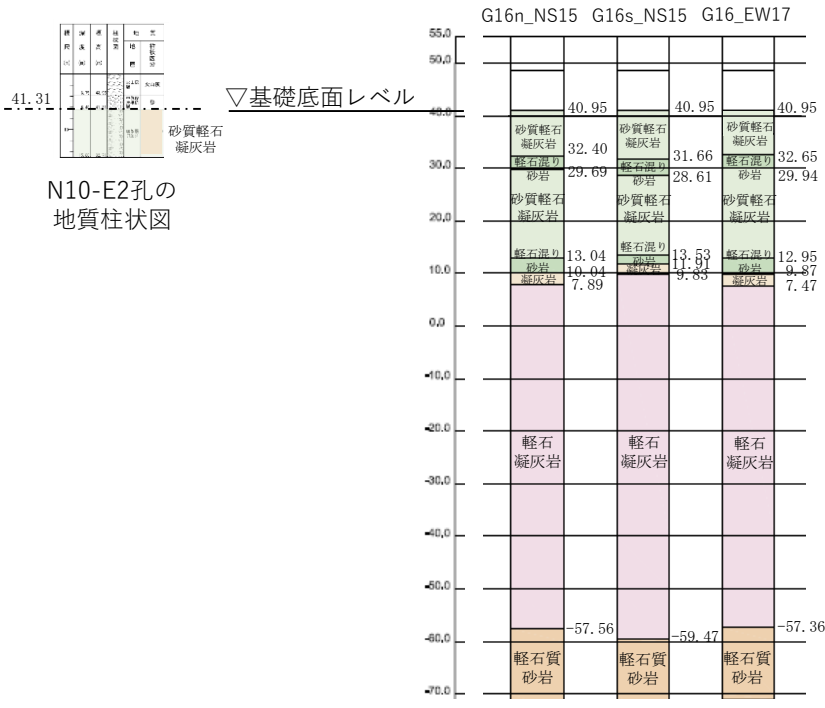


第 3-18 図 N7-E2 孔及び G15 直下の地下構造の対応



G17_NS11とG17_EW13の地下構造

第 3-19 図 O-W 孔及び G17 直下の地下構造の対応



G16n_NS15とG16s_NS15とG16_EW17の地下構造

第 3-20 図 N10-E2 孔及び G16 直下の地下構造の対応

参考 2

速度境界レベルが地盤の固有周期へ与える影響

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 地盤の固有周期の検討	1
2.1 速度構造の設定方法	1
2.2 地盤の固有周期の算定方法	1
3. 地盤の固有周期の検討結果	2

1. 概要

直下に PS 検層結果のない建物・構築物において、直下の岩盤に見られる速度境界レベルの変化が、解放基盤表面から建物・構築物の基礎底面レベルまでの地盤の固有周期に与える影響を確認する。

2. 地盤の固有周期の検討

2.1 速度構造の設定方法

別紙 2-1 本文にて設定した各グループの PS 検層結果に基づいて設定した地盤物性値に基づき、直下に PS 検層結果のない建物・構築物の直下の位置における速度構造を設定する。

建物・構築物の近傍の PS 検層結果を用いて直下の位置の速度構造を設定するにあたっては、第 1 回申請の A4B 直下の物性値の設定と同様に、以下の考え方に基づき設定する。

- ・設定した地盤物性値において、同一の岩種に速度境界を設定しているレベルについては、直下においても同一のレベルに速度境界を設定する。これは、近傍孔と直下で岩種の分布に大きな差がなければ、同一の標高レベルにおいて同程度の上載圧が作用しており、速度境界のレベルも同等と考えられるためである。
- ・設定した地盤物性値において、岩種境界レベルに速度境界を設定している場合は、建物・構築物直下の地下構造において対応する岩種境界レベルに速度境界を設定する。

2.2 地盤の固有周期の算定方法

地盤の 1 次固有周期 T [s] は、解放基盤表面から各建物・構築物の基礎底面レベルまでの岩種及び速度構造に基づき、以下の式により算定する。

$$T = \frac{4H}{V_s}$$

ここで、

H : 解放基盤表面から建物・構築物の基礎底面レベルまでの岩盤の層厚[m]

V_s : 岩盤の S 波速度[m/s]

なお、 V_s は、以下の式により複数層の値を等価な均質一様地盤に置換する。

$$V_s = \frac{\sum V_{si} \cdot H_i}{\sum H_i}$$

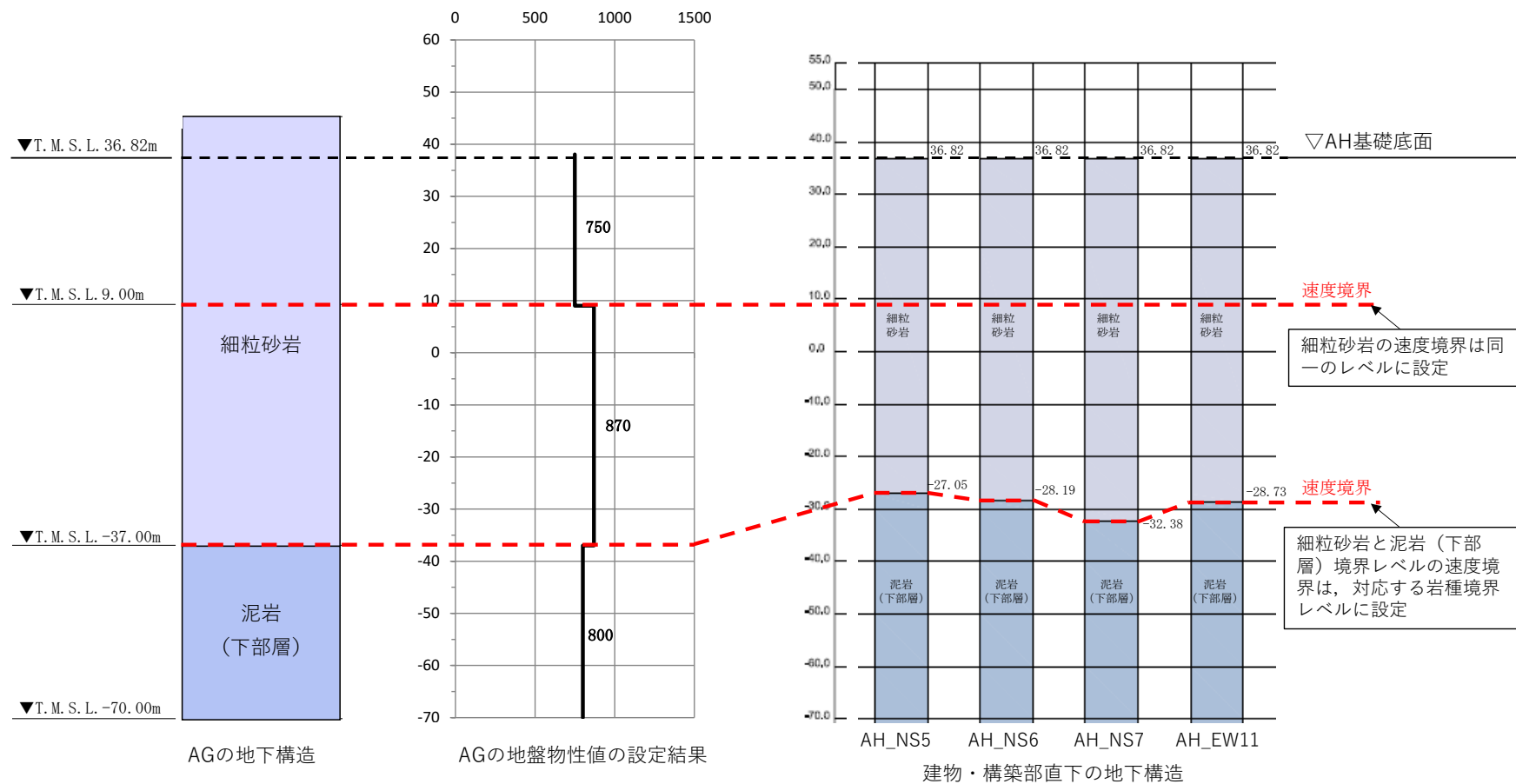
ここで、

H_i : i 層の岩盤の層厚[m]

V_{si} : i 層の岩盤の S 波速度[m/s]

3. 地盤の固有周期の検討結果

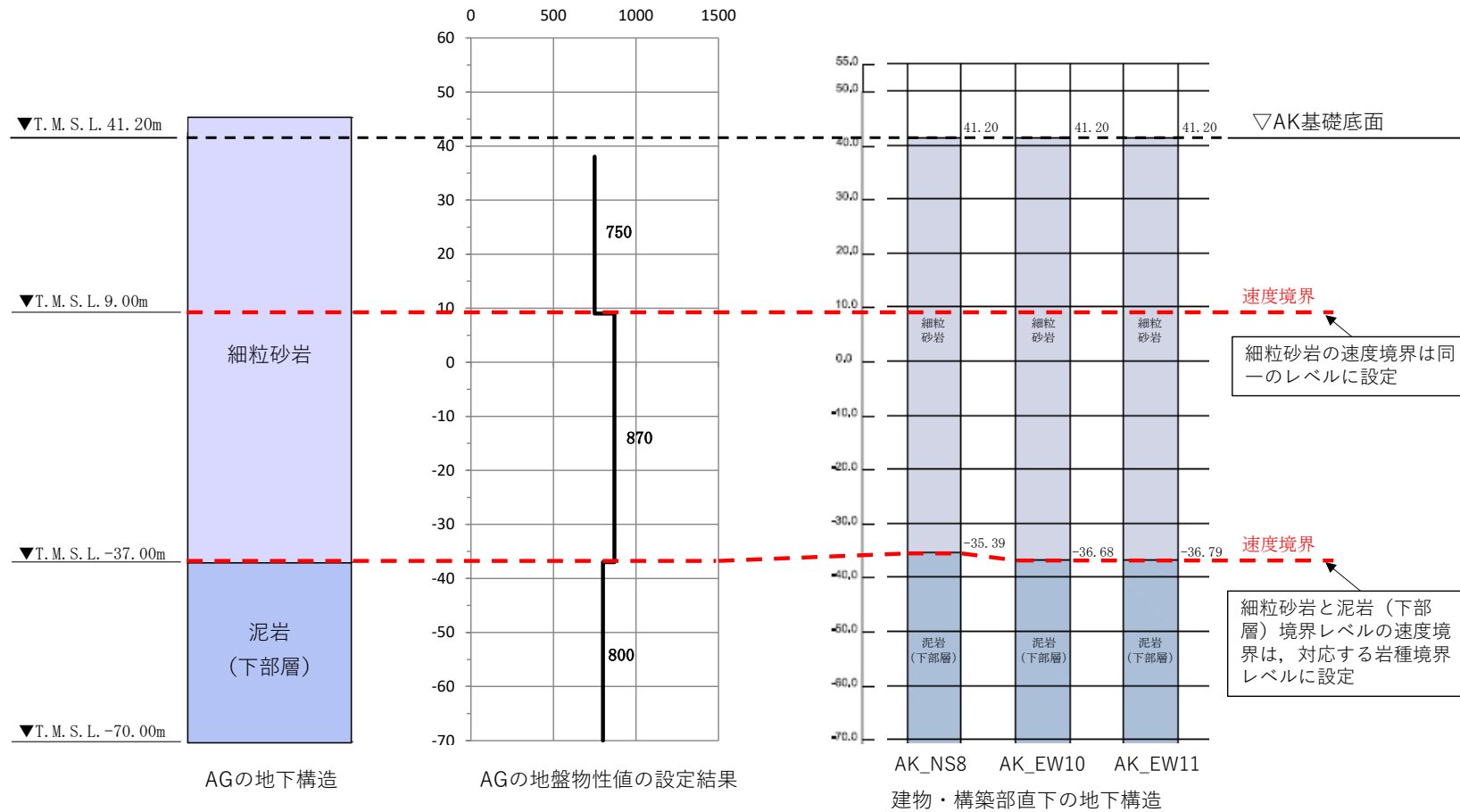
地盤の固有周期の検討結果を第 3-1 図～第 3-9 図に示す。なお、各グループの PS 検層結果に基づいて設定した物性値及び建物・構築物直下の地下構造を合わせて示す。CA グループの BA 建屋を除き、いずれの建物・構築物においても、速度構造の差が地盤の固有周期に与える影響は小さいことが確認された。



	AGの地盤物性値の設定結果	AH_NS5	AH_NS6	AH_NS7	AH_EW11
S波速度 V_s [m/s]	817.1	810.6	811.3	814.1	811.7
地盤の固有周期 T [s]	0.523	0.527	0.527	0.525	0.526

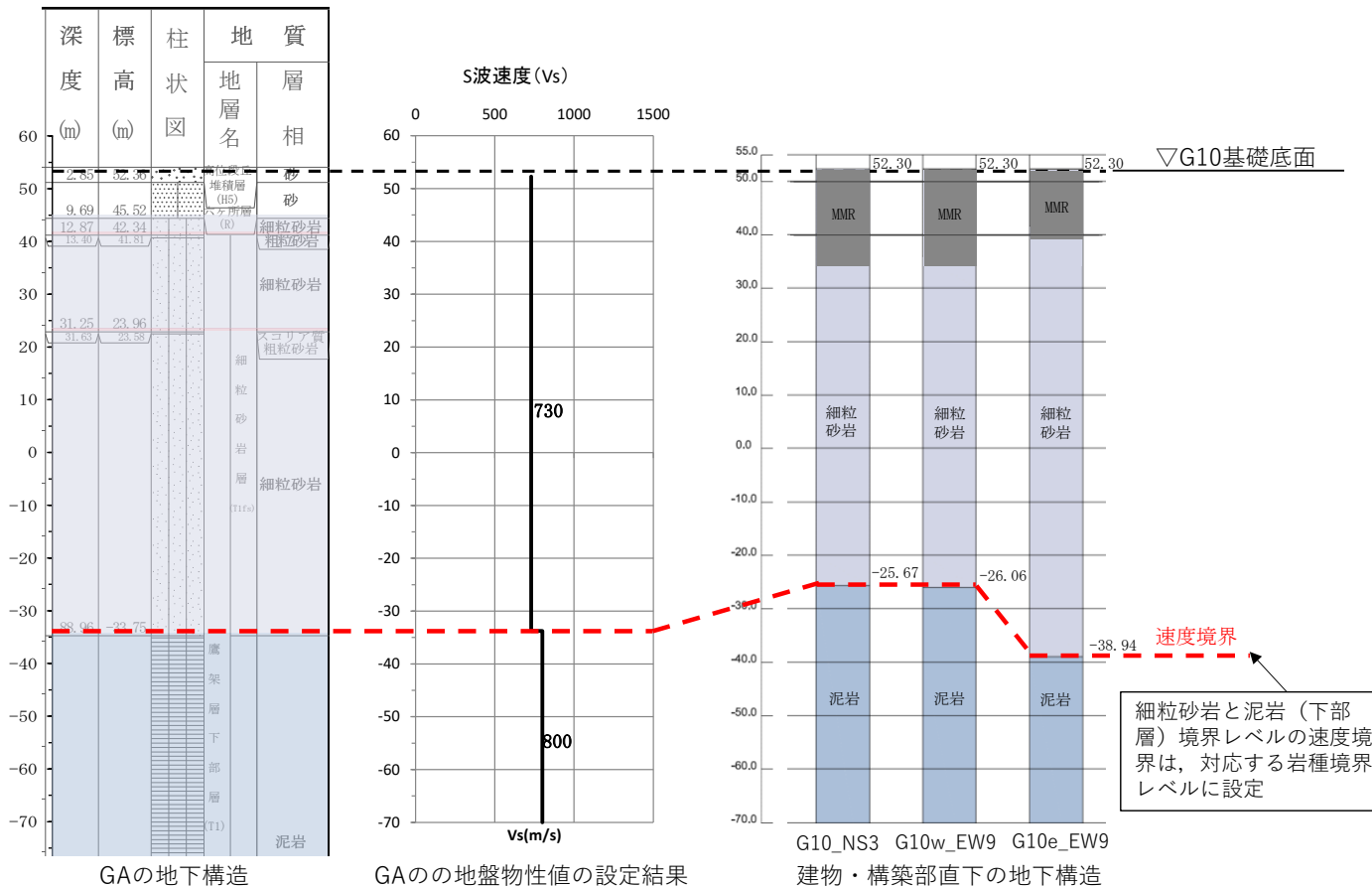
第 3-1 図 AG と AH 建屋の地盤の固有周期の比較

参考 2-3



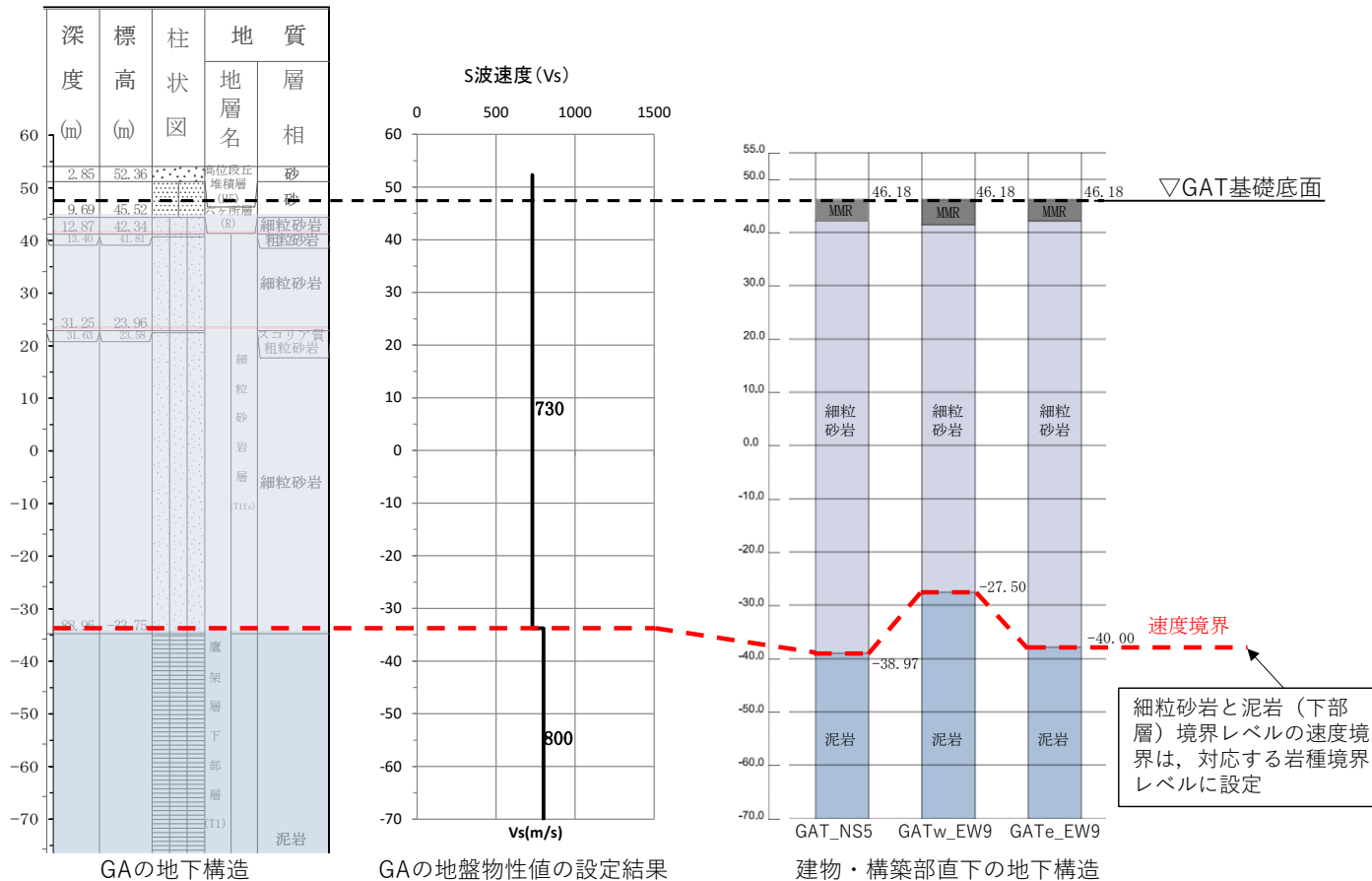
	AGの地盤物性値の設定結果	AK_NS8	AK_EW10	AK_EW11
S波速度 V_s [m/s]	814.5	813.5	814.3	814.3
地盤の固有周期 T [s]	0.546	0.547	0.546	0.546

第3-2図 AGとAK建屋の地盤の固有周期の比較



	GAの地盤物性値の設定結果	G10_NS3	G10w_EW9	G10e_EW9
S波速度 Vs[m/s]	750.7	755.4	755.1	747.8
地盤の固有周期 T[s]	0.652	0.648	0.648	0.654

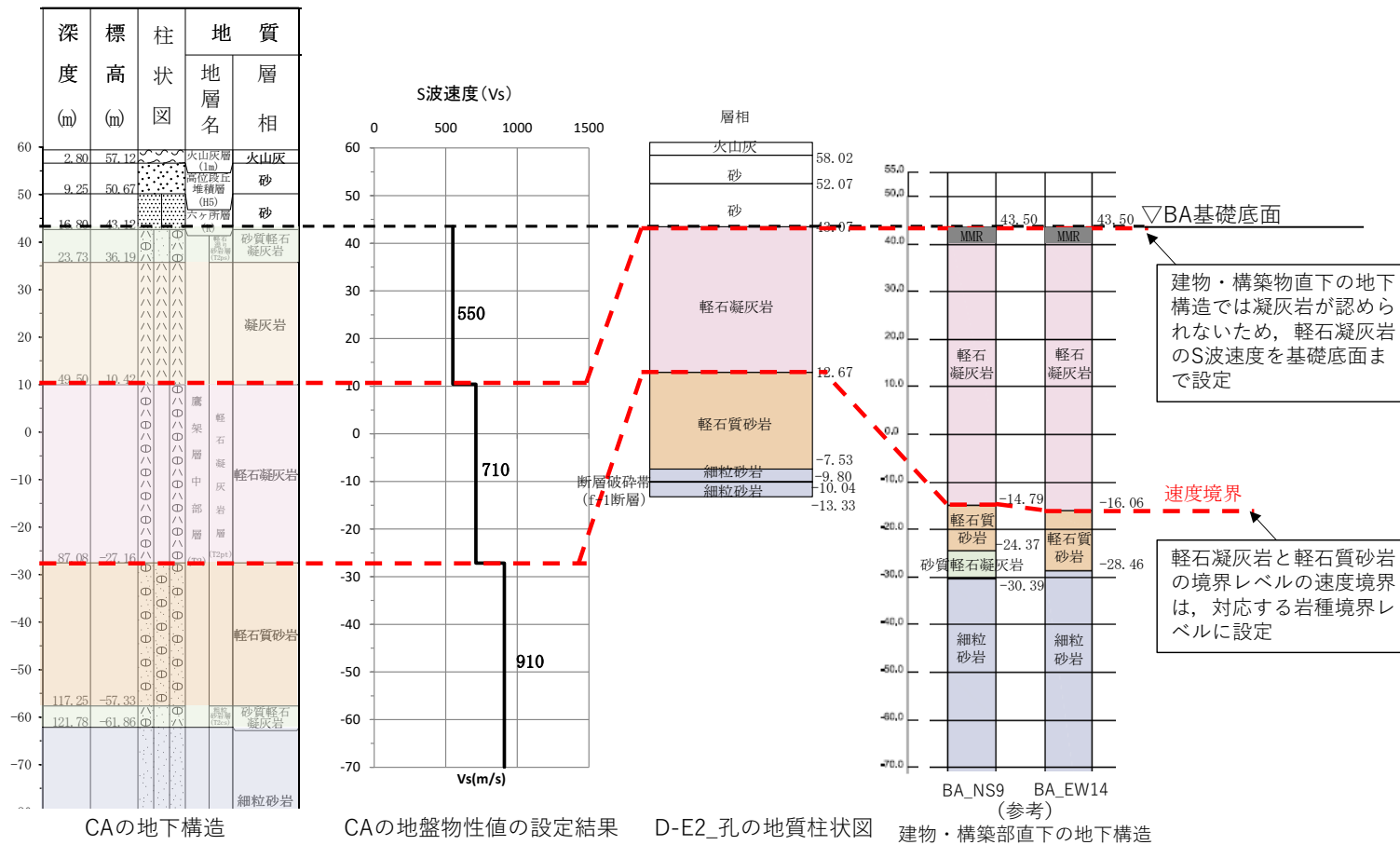
第 3-3 図 GA と G10 基礎の地盤の固有周期の比較



	GAの地盤物性値の設定結果	GAT_NS5	GATw_EW9	GATe_EW9
S波速度 Vs[m/s]	751.8	748.7	755.6	748.1
地盤の固有周期 T[s]	0.618	0.621	0.615	0.621

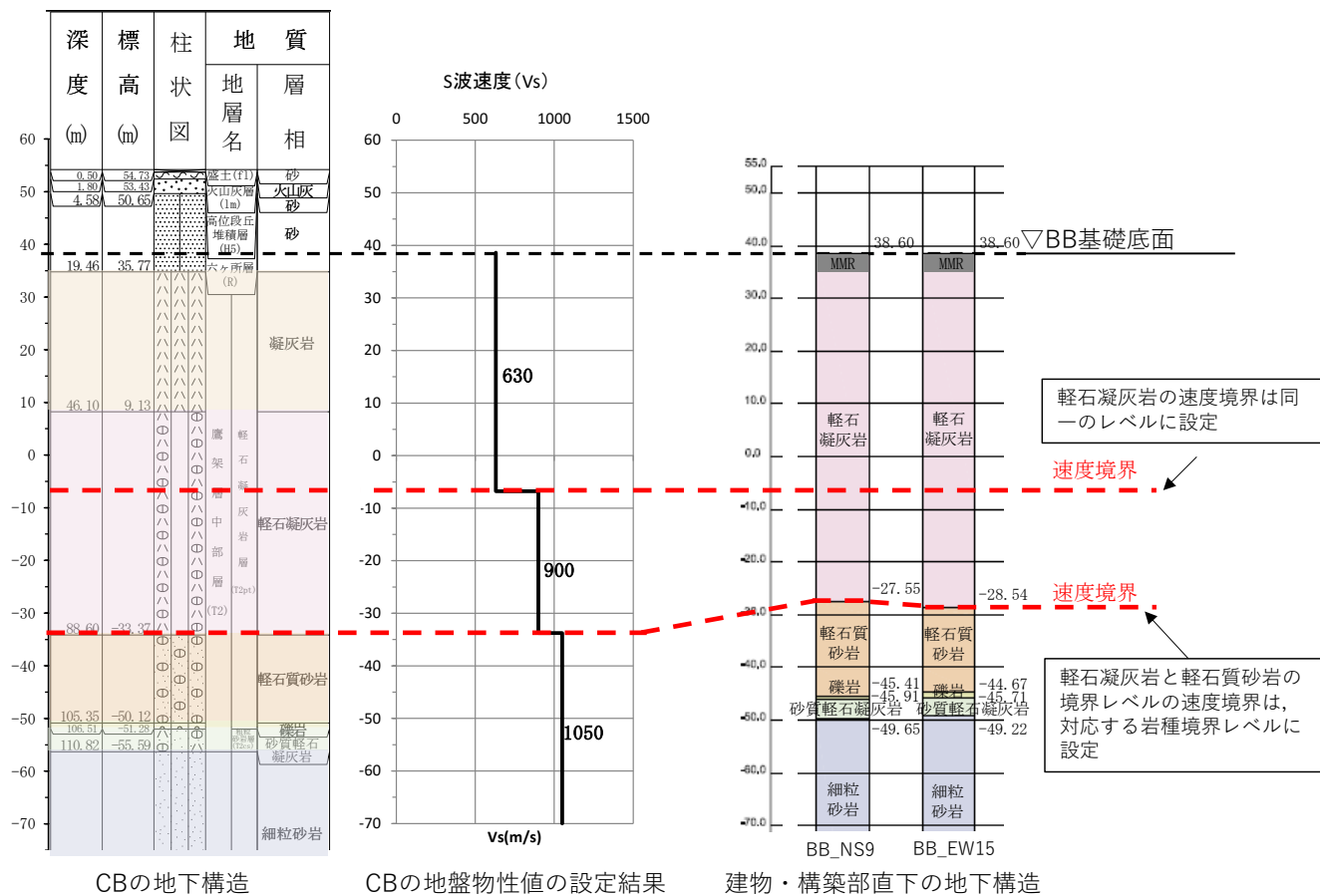
第3-4図 GAとGAT基礎の地盤の固有周期の比較

参考 2-6



第 3-5 図 CA と BA 建屋の地盤の固有周期の比較

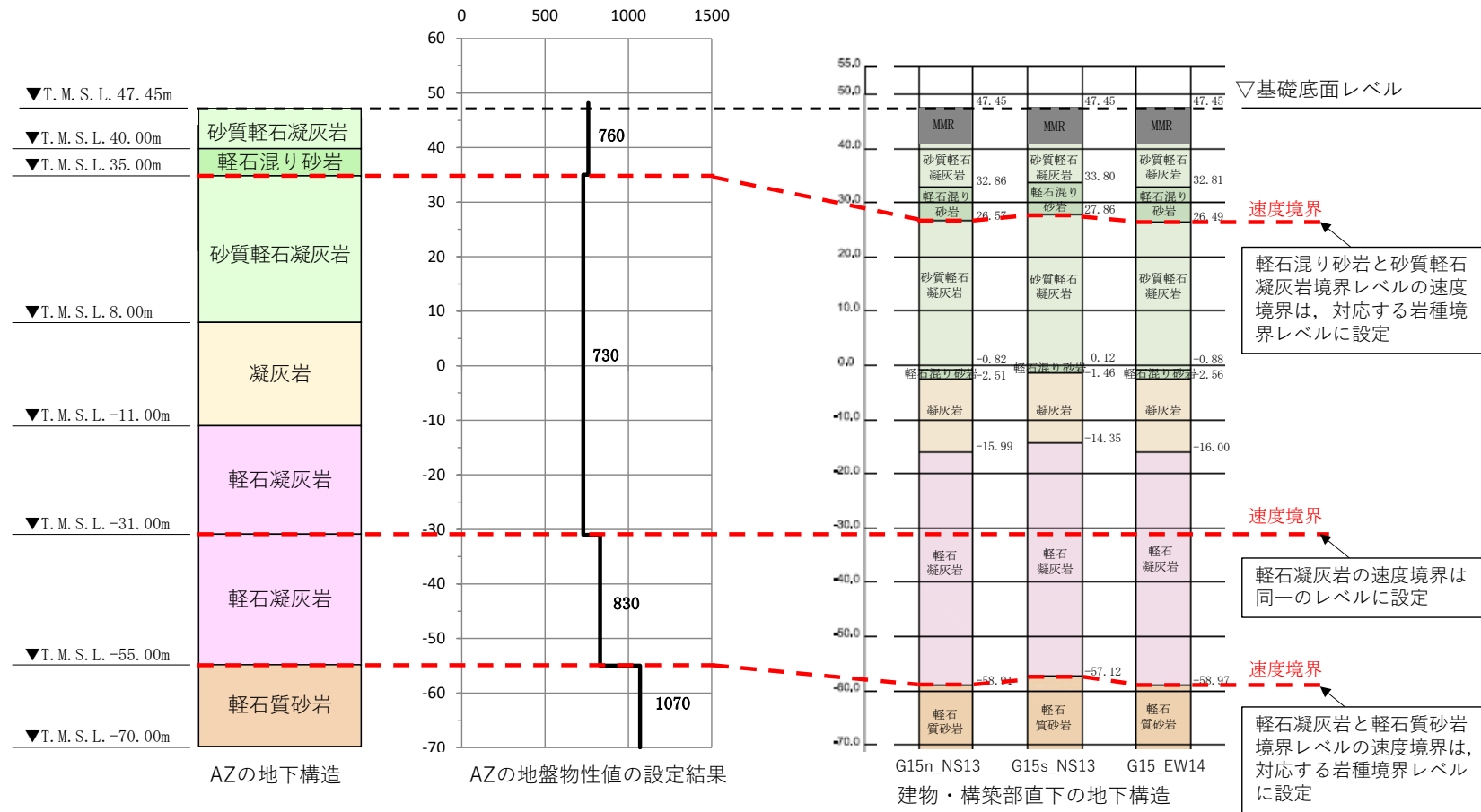
参考 2-7



	CBの地盤物性値の設定結果	BB_NS9	BB_EW15
S波速度 Vs[m/s]	837.8	845.8	844.5
地盤の固有周期 T[s]	0.519	0.514	0.514

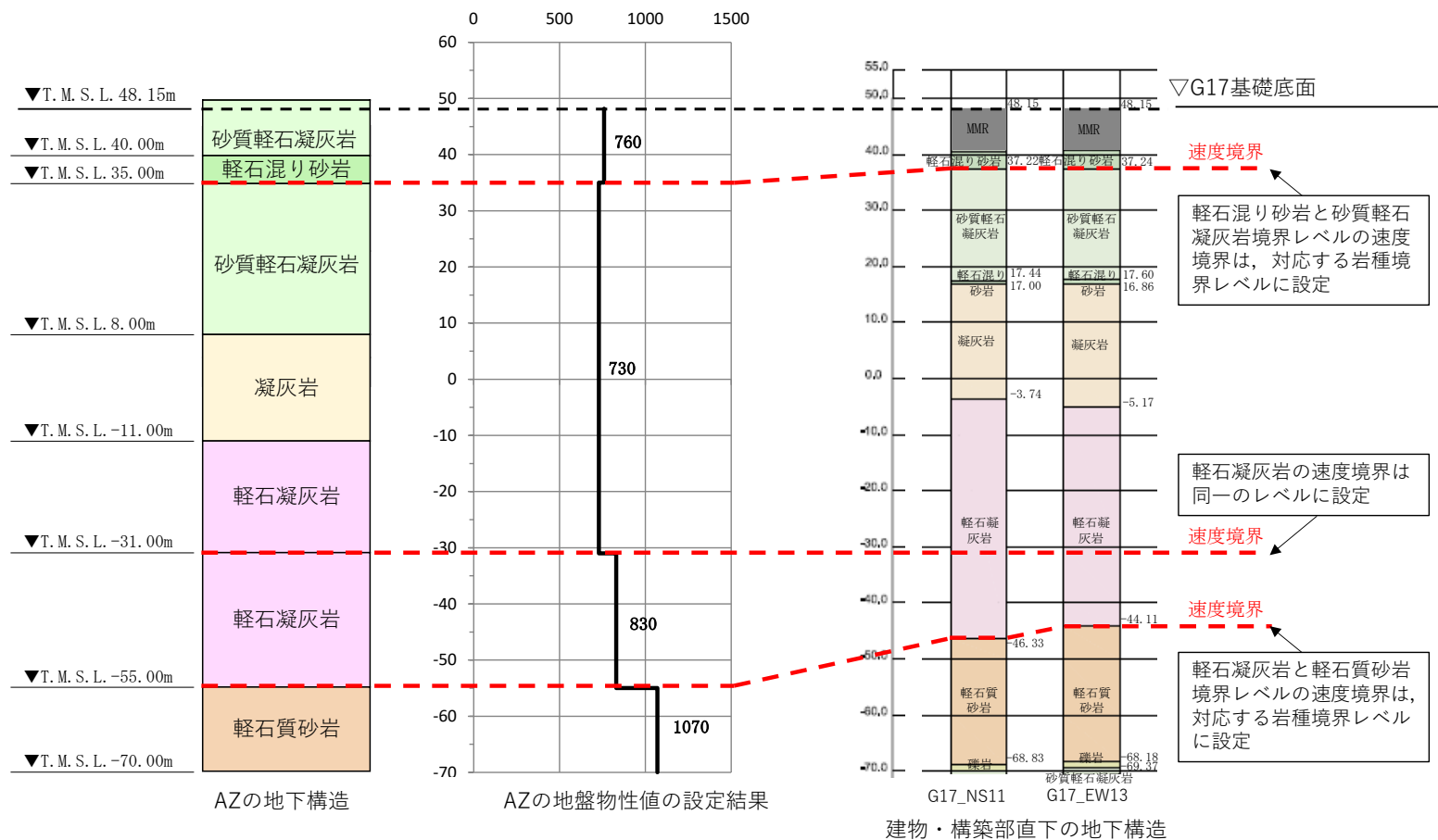
第 3-6 図 CB と BB 建屋の地盤の固有周期の比較

参考 2-8



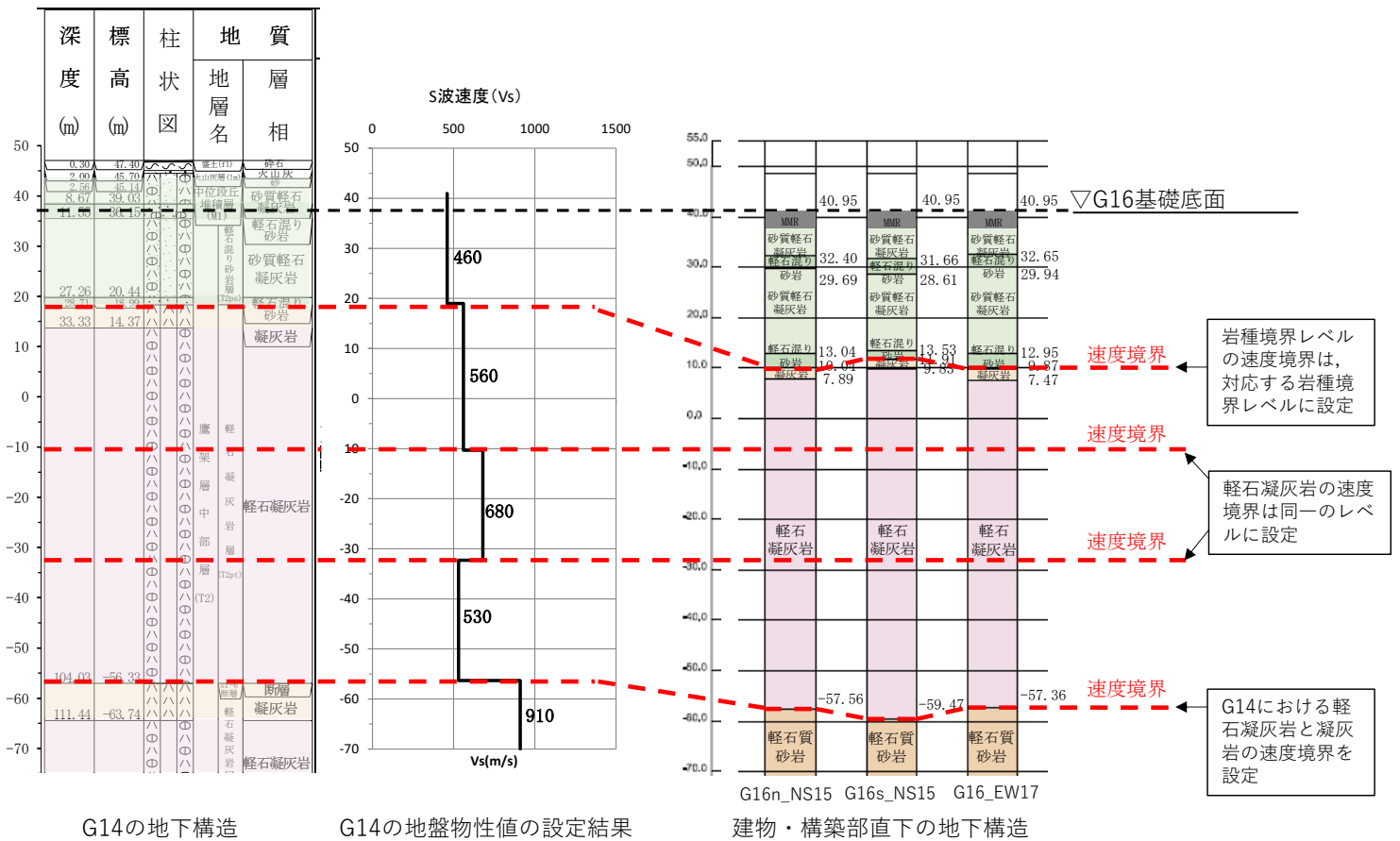
	AZの地盤物性値の設定結果	G15n_NS13	G15s_NS13	G15_EW14
S波速度 Vs[m/s]	797.0	791.2	794.5	791.1
地盤の固有周期 T[s]	0.589	0.594	0.591	0.594

第3-7図 AZとG15基礎の地盤の固有周期の比較



	AZの地盤物性値の設定結果	G17_NS11	G17_EW13
S波速度 Vs[m/s]	796.8	818.9	823.4
地盤の固有周期 T[s]	0.593	0.577	0.574

第 3-8 図 AZ と G17 基礎の地盤の固有周期の比較



	G14の地盤物性値の設定結果	G16n_NS15	G16s_NS15	G16_EW17
S波速度 Vs[m/s]	600.6	588.3	583.5	588.9
地盤の固有周期 T[s]	0.739	0.754	0.761	0.754

第3-9図 G14とG16基礎の地盤の固有周期の比較

参考 3

F 施設周辺グループにおける軽石質砂岩の考慮について

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 軽石質砂岩を考慮した物性値の確認	1
3. 基礎底面レベルの地盤応答の比較	3

1. 概要

F 施設周辺グループのうち，F1A 基礎及び FCM 建屋については，建物・構築物直下の地下構造を確認すると，細粒砂岩の上部に軽石質砂岩が分布している。また，近傍孔である M-S 孔の PS 検層結果より，細粒砂岩と軽石質砂岩の岩種境界において，速度境界が確認される。

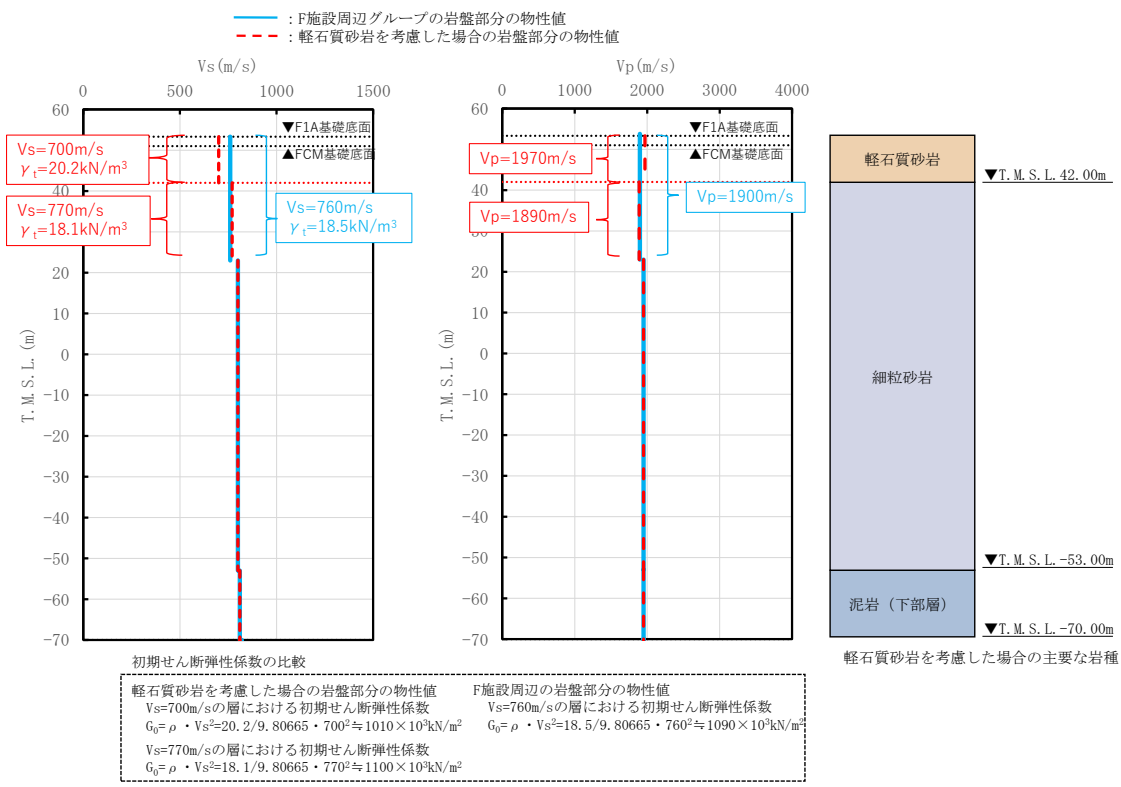
以上を踏まえ，F1A 基礎及び FCM 建屋の岩盤部分の物性値等の設定において，細粒砂岩と上部の軽石質砂岩の間に速度境界を考慮した場合の影響について確認し，F1A 基礎及び FCM 建屋について，F 施設周辺グループの PS 検層結果に基づき設定した岩盤部分の物性値の適用性について確認を行った。

2. 軽石質砂岩を考慮した物性値の確認

F 施設周辺グループにて設定した速度構造と，軽石質砂岩を考慮した場合の速度構造の比較を第 2-1 図に示す。軽石質砂岩を考慮した場合の速度構造については，細粒砂岩と軽石質砂岩の岩種境界において速度境界が認められる M-S 孔及び D-T 孔に基づき，T. M. S. L. 42. 00m に速度境界を設定した。

速度構造の比較の結果，S 波速度については，T. M. S. L. 42. 00m 以浅の値について，解放基盤表面から基礎底面レベルの速度のコントラストが大きくなる傾向となった。一方，P 波速度については，T. M. S. L. 42. 00m 以浅の値について，解放基盤表面から基礎底面レベルの速度のコントラストが小さくなることを確認した。

このことから，速度のコントラストの特徴が S 波速度と P 波速度で異なる傾向を示すことを踏まえ，水平方向及び鉛直方向の基礎底面レベルの E+F 波の比較によって，判断を行うこととした。



第 2-1 図 速度構造の比較

3. 基礎底面レベルの地盤応答の比較

前章において示したとおり、軽石質砂岩を考慮した場合と考慮しない場合において基礎底面レベルの地盤応答の比較を行い、F1A 基礎及び FCM 建屋において、軽石質砂岩の考慮が必要か検討する。

基礎底面レベルの地盤応答の比較にあたっては、基礎底面レベルが浅く、軽石質砂岩が厚く設定され、その感度が大きく評価できる F1A 基礎を代表に検討を行うこととした。

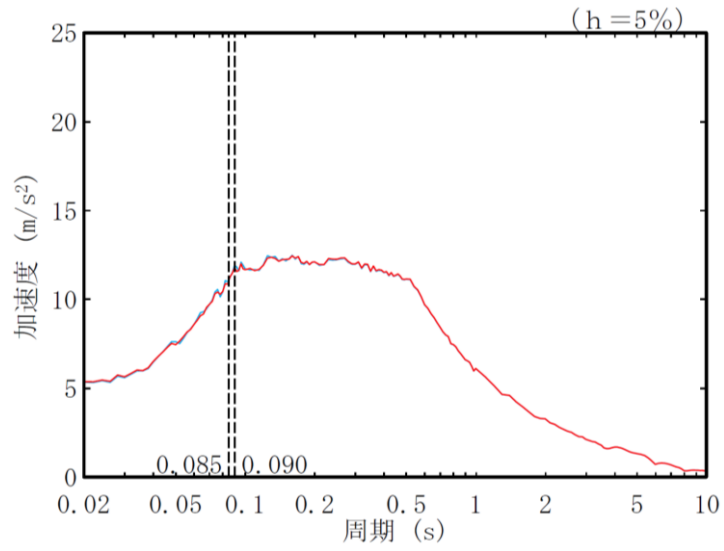
第 3-1 図に基礎底面レベルの地盤応答の比較結果を示す。

第 3-1 図に示すとおり、水平方向の地盤応答については、両者の結果に有意な差は生じていない。これは、解放基盤表面から基礎底面レベルの速度のコントラストは大きくなっているものの、 ρV_s^2 により求めた初期せん断弾性係数 G_0 は、軽石質砂岩を考慮した場合、 $1010 \times 10^3 \text{kN/m}^3$ となっており、F 施設周辺グループにおいて設定した値 ($G_0 = 1090 \times 10^3 \text{kN/m}^3$) と比べても顕著な差がないためであると考えられる。

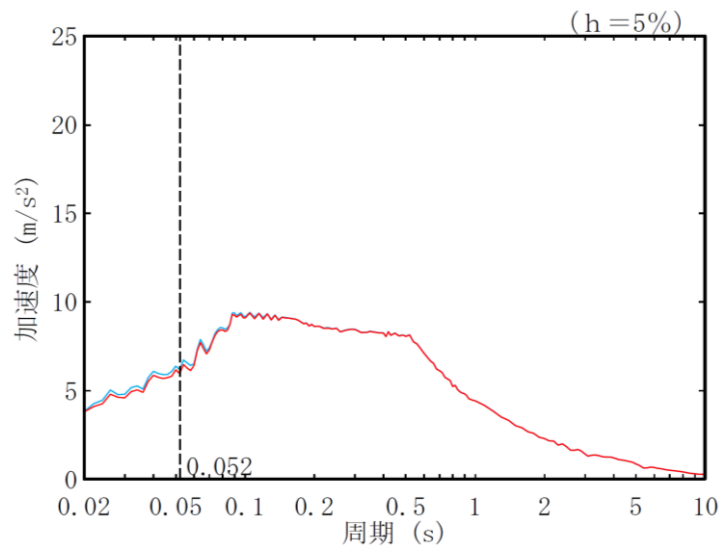
また、鉛直方向の地盤応答については、軽石質砂岩を考慮した場合の地盤応答が小さくなっている。これは、基礎底面直下の P 波速度について、軽石質砂岩を考慮した場合は $V_p = 1970 \text{m/s}$ となっており、F 施設周辺グループにおいて設定した値 ($V_p = 1900 \text{m/s}$) と比べ大きくなったことによって、速度のコントラストが小さくなり、地盤応答が小さくなったと考えられる。

以上を踏まえ、F1A 基礎及び FCM 建屋について、軽石質砂岩を考慮した場合の地盤応答は、水平方向は有意な差はなく、鉛直方向は小さくなることから、軽石質砂岩を考慮しないこととし、F 施設周辺グループにおいて設定した物性値をそのまま適用できると判断した。

- F施設周辺の岩盤部分の物性値を用いた地盤応答
- 軽石質砂岩を考慮した場合の地盤応答



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第 3-1 図 基礎底面レベルの地盤応答 (F1A)

別紙 2-2

岩盤部分の剛性の非線形性に係る
検討について

目 次

	ページ
1. はじめに	1
2. 岩盤部分の剛性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. 基準地震動 S _s -A の地盤応答解析結果	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	26
3.4 中央地盤・東側地盤・西側地盤の比較	29
4. 1.2×S _s -A の地盤応答解析結果	32
5. まとめ	45

1. はじめに

本資料は、岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響についての検討結果を示すものである。

上記の検討にあたっては、三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ 曲線）を設定し地盤の1次元波動理論に基づく入力地震動を算定し、線形条件の入力地震動と比較することで、その影響を確認する。以下に検討の流れを示す。

- ・ 12 グループ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、 S_s 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、岩盤部分の剛性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及び底面地盤ばねの剛性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。
- ・ 底面地盤ばねの剛性への影響の有無については、ばね定数に顕著な差が生じないことを確認する。ばね定数に差が見られた場合は、地震応答解析モデルの固有周期への影響を確認する。

2. 岩盤部分の剛性の非線形性の設定

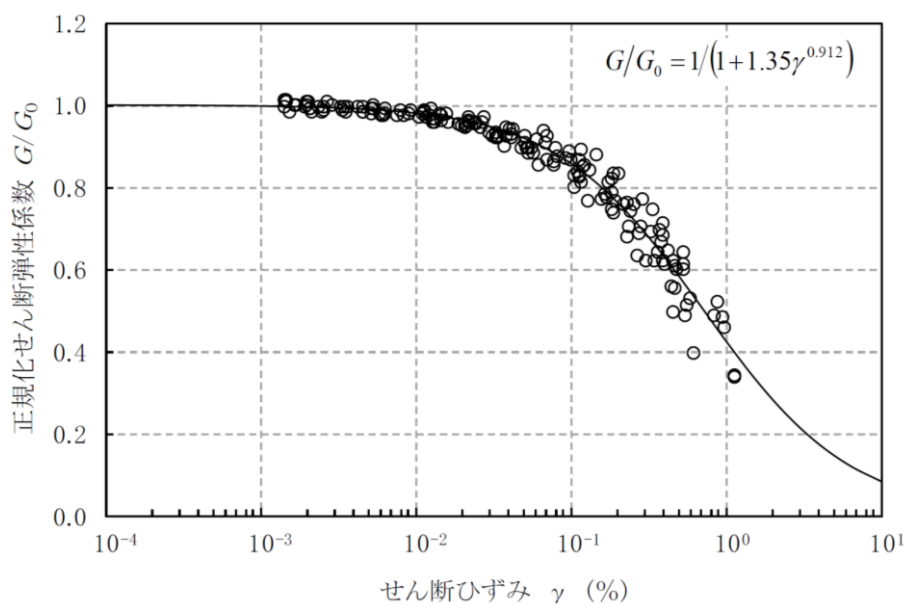
2.1 各グループの地下構造（岩盤分類の深さ分布）の整理

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、「別紙 2-1 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。

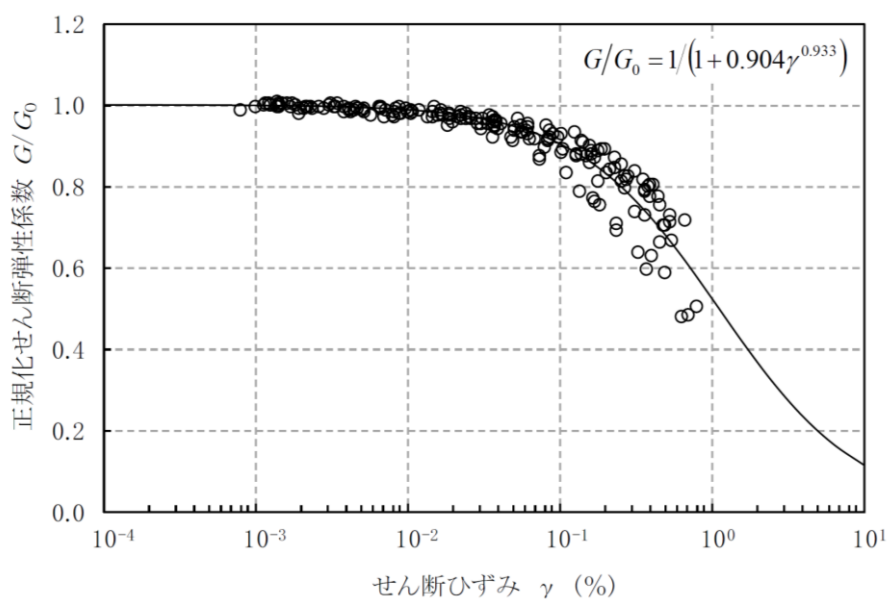
2.2 岩種ごとのひずみ依存特性

岩種ごとに設定するひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ 曲線）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」に示す値とする。

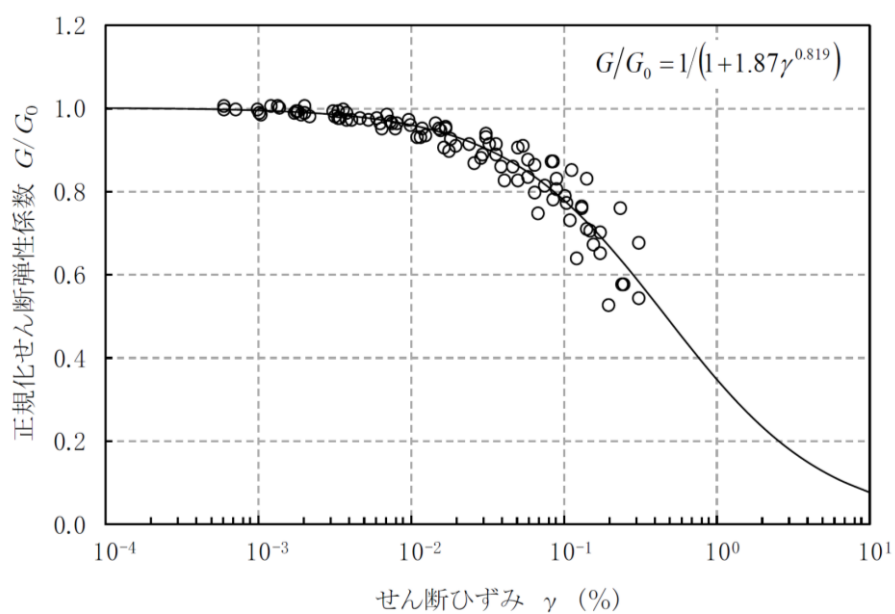
第 2.2-1 図～第 2.2-12 図に、今回の検討に用いる岩種ごとのひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ 曲線）を示す。



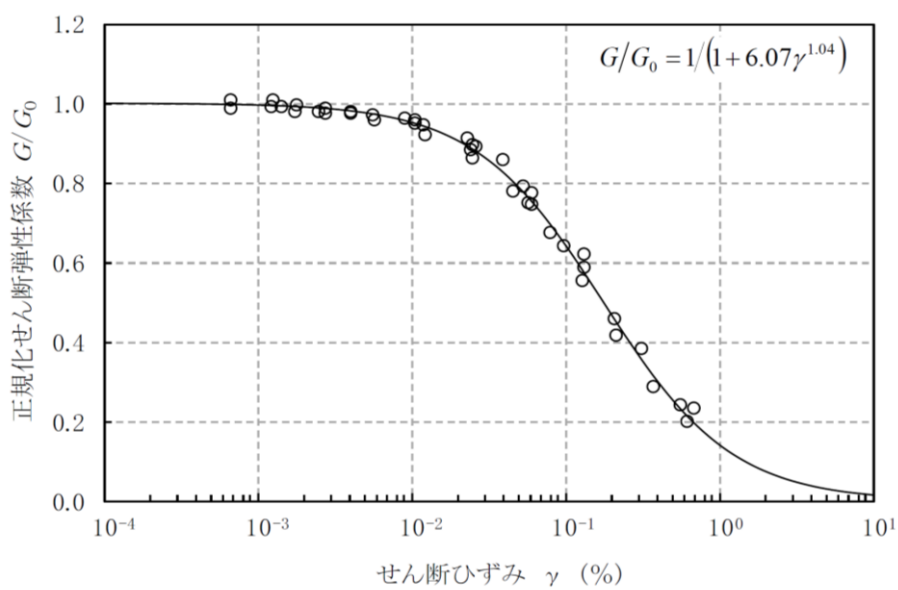
第 2.2-1 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (上部層))



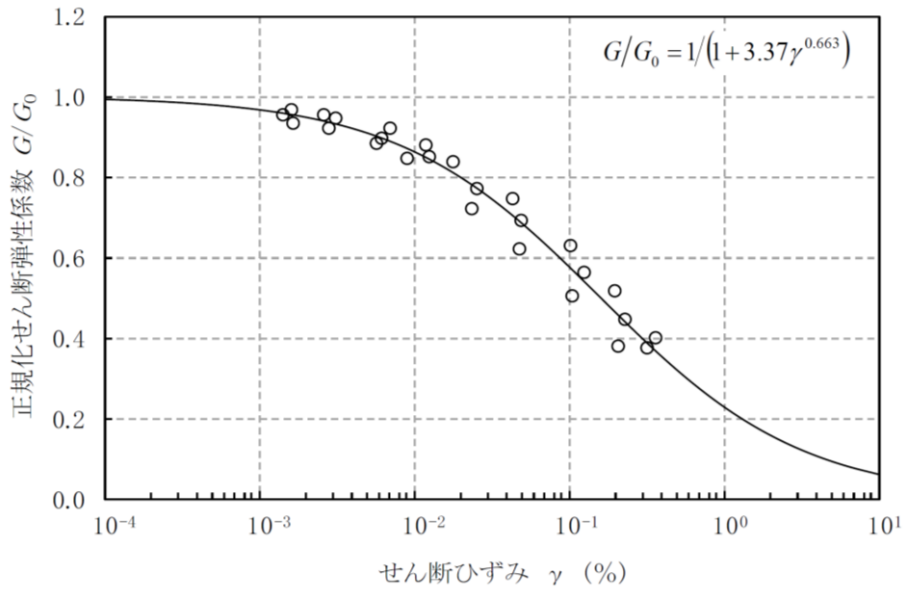
第 2.2-2 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (下部層))



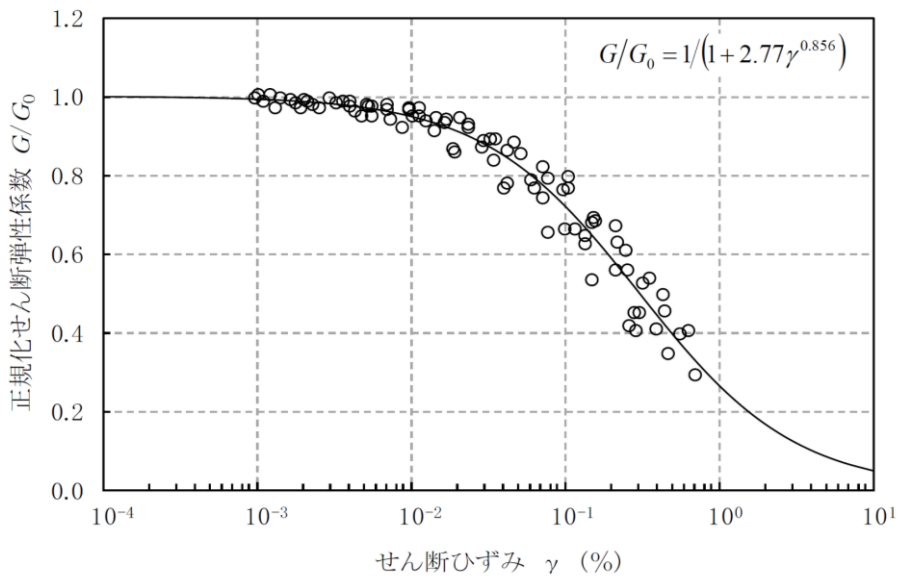
第 2.2-3 図 ひずみ依存特性（細粒砂岩）



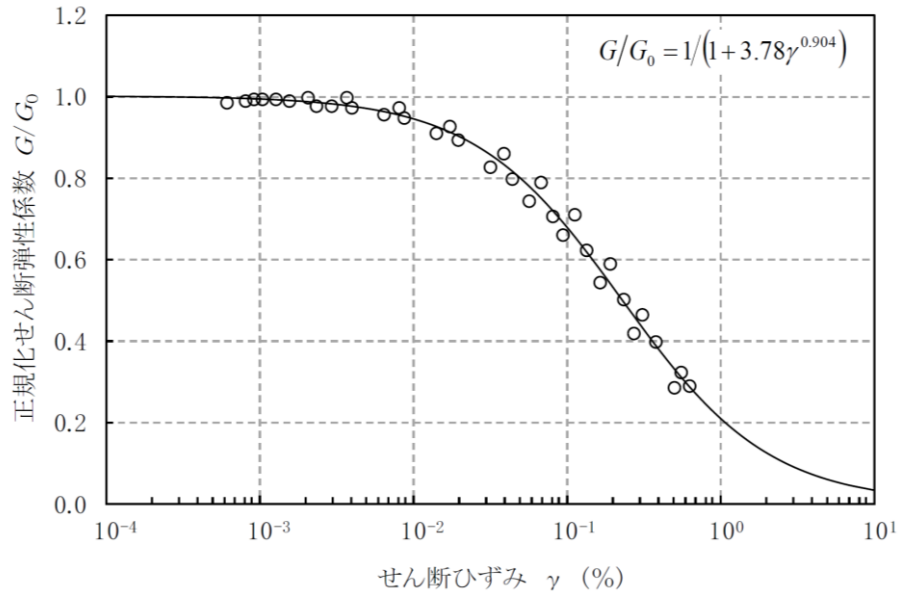
第 2.2-4 図 ひずみ依存特性（軽石質砂岩）



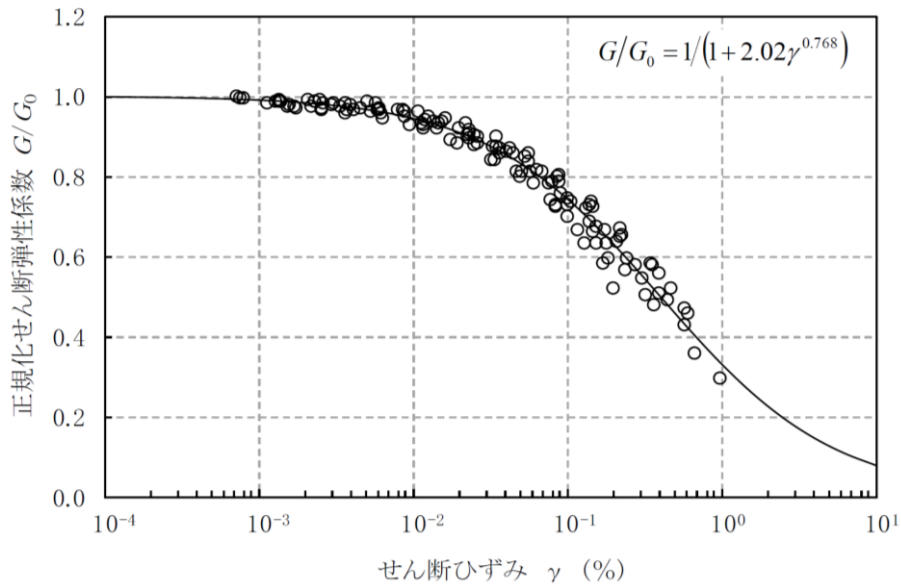
第 2.2-5 図 ひずみ依存特性 (粗粒砂岩)



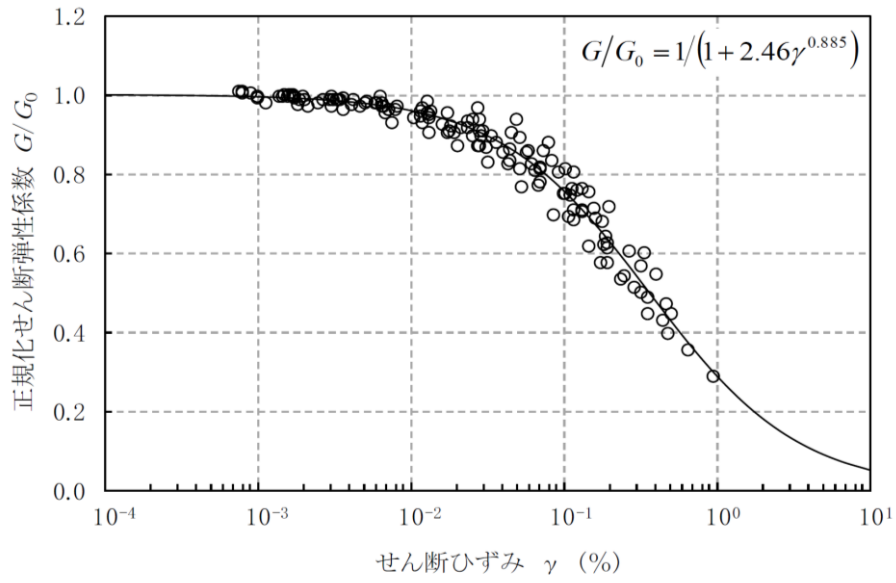
第 2.2-6 図 ひずみ依存特性 (砂岩・凝灰岩互層)



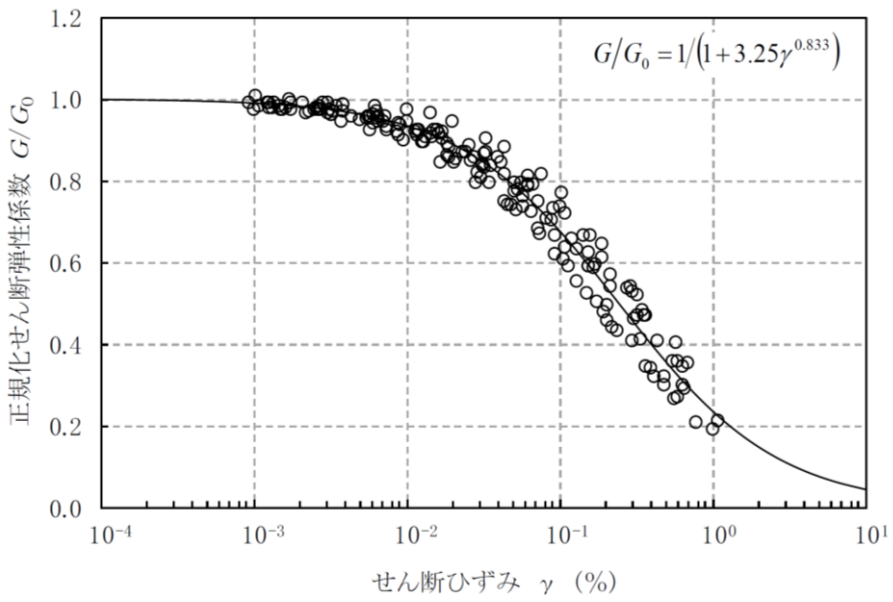
第 2.2-7 図 ひずみ依存特性（凝灰岩）



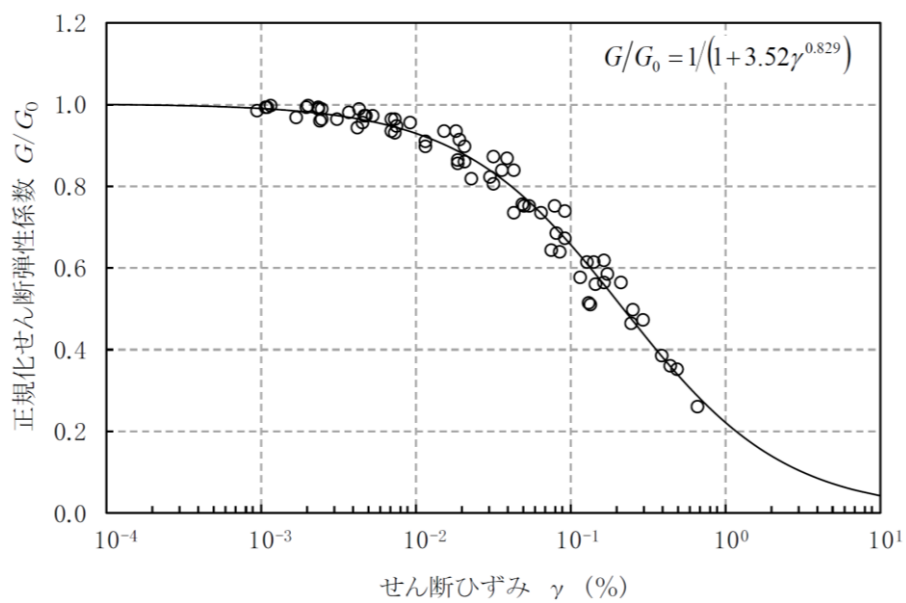
第 2.2-8 図 ひずみ依存特性（軽石凝灰岩）



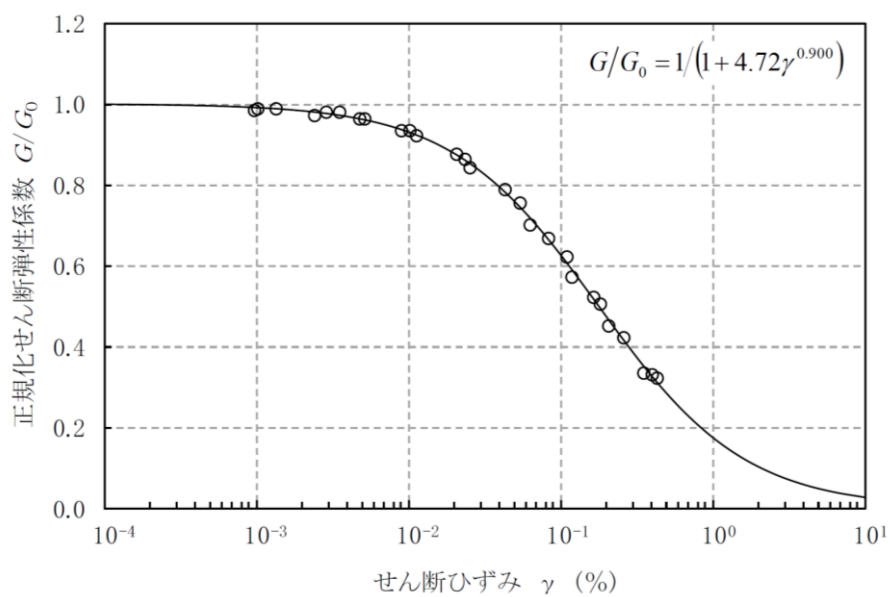
第 2.2-9 図 ひずみ依存特性 (砂質軽石凝灰岩)



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

岩盤部分の剛性の非線形性の影響を確認するため、基準地震動 S_s-A 及び基準地震動 S_s-A を 1.2 倍した地震力（以下、「 $1.2 \times S_s-A$ 」という。）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、今回の確認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、岩盤部分の剛性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、上記の確認に加え、岩盤部分の剛性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、岩盤部分に 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 *：今回の確認においては、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の剛性の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）における岩盤部分の減衰定数及び解放基盤表面以深の物性値はそれぞれ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について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。なお、岩盤部分の減衰定数については、一律3%として仮定しているが、これは、JEAG4601-1987に示される軟岩サイトの慣用値（3%～5%）における最小値であり、本確認においてせん断ひずみが過小評価とならないように考慮して設定した。

また、ひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）に基づく S_s 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、「別紙 2-3 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. 基準地震動 Ss-A の地盤応答解析結果

3.1 中央地盤における岩盤部分の非線形性の影響

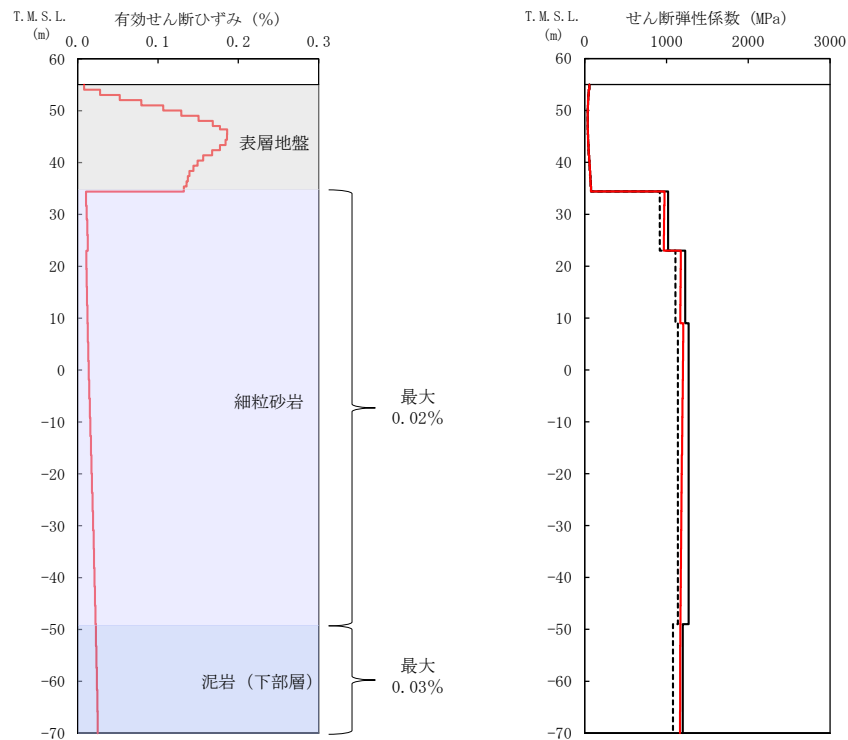
中央地盤における各グループの基準地震動 Ss-A に対する等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 3.1-1 図～第 3.1-6 図に示す。また、基礎底面地盤ばねのばね定数を第 3.1-1 表に示す。

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小さいことを確認した。

基礎底面地盤ばねのばね定数の比較結果から、底面地盤ばねの剛性への影響も小さいことを確認した。



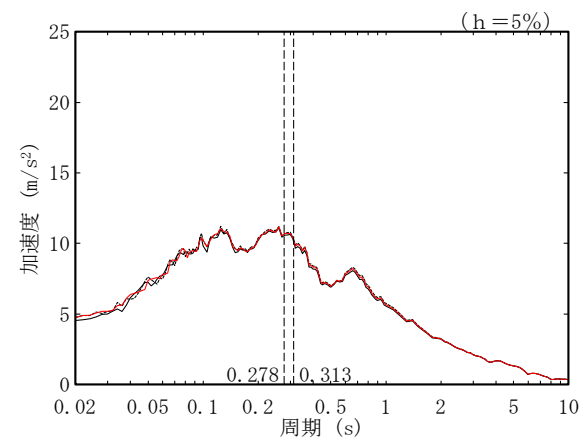
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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

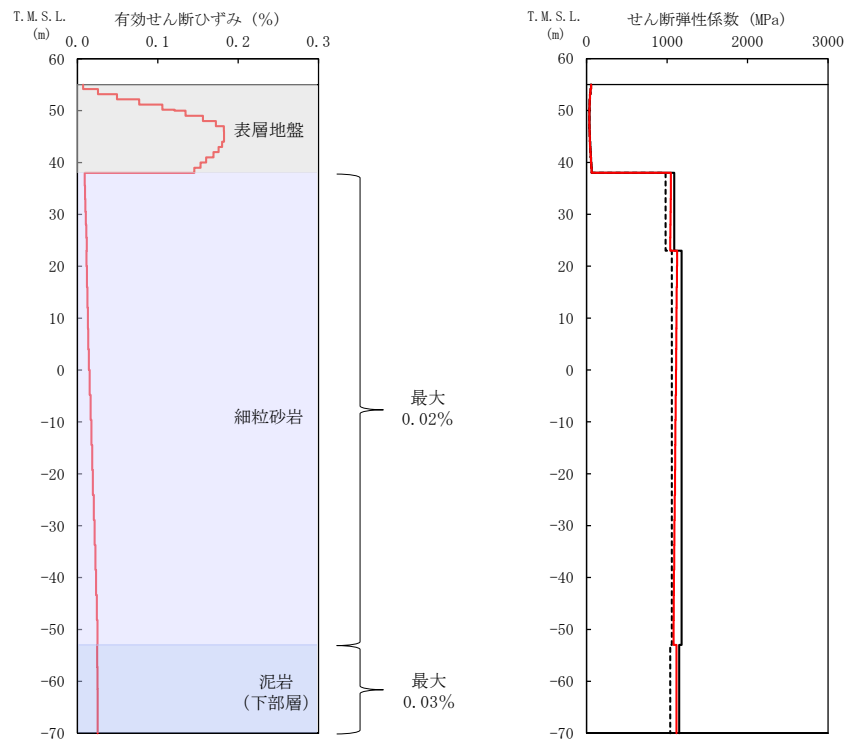
(c) 収束物性値



* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-2-1 分離建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 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 (Ss-A, AA 周辺, AB)



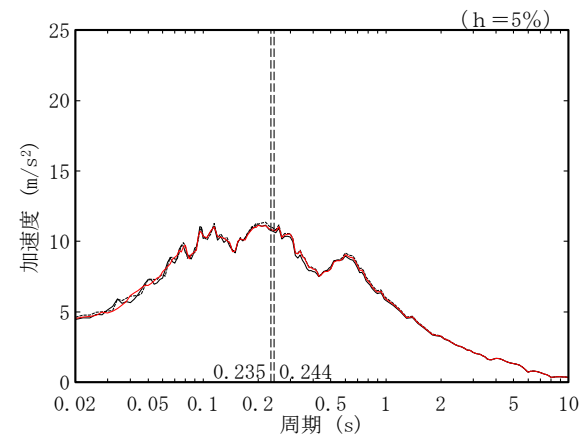
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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
-70.00		-	17.0	1164	1164	1.000

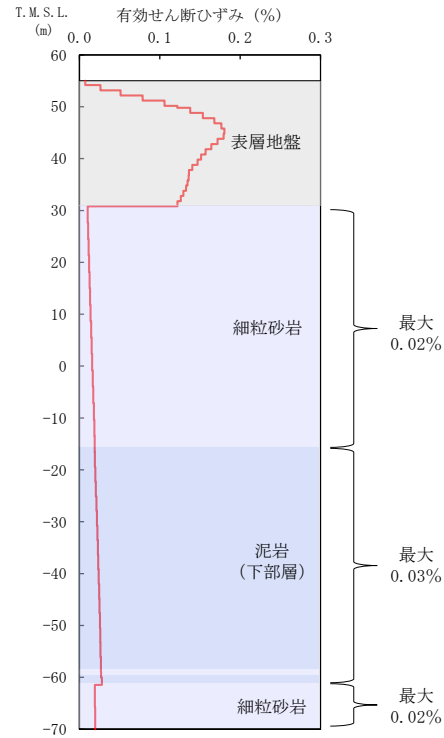
(c) 収束物性値



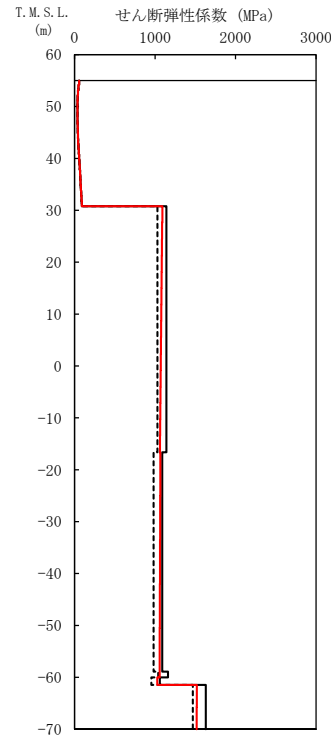
* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-1-1 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

第 3.1-2 図 地盤の等価線形解析結果 (S_s -A, F 施設周辺, FA)



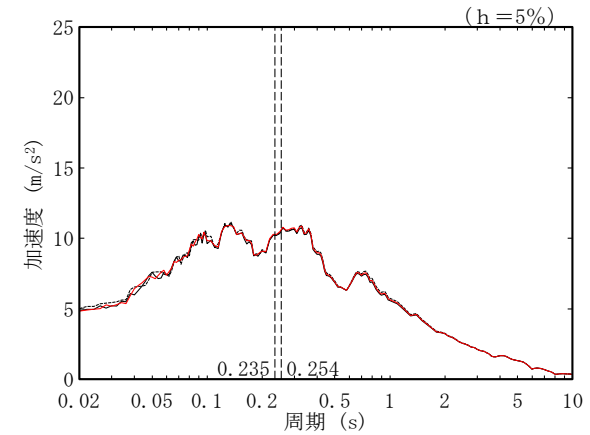
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単体積重量 γt (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
▽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	—	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値

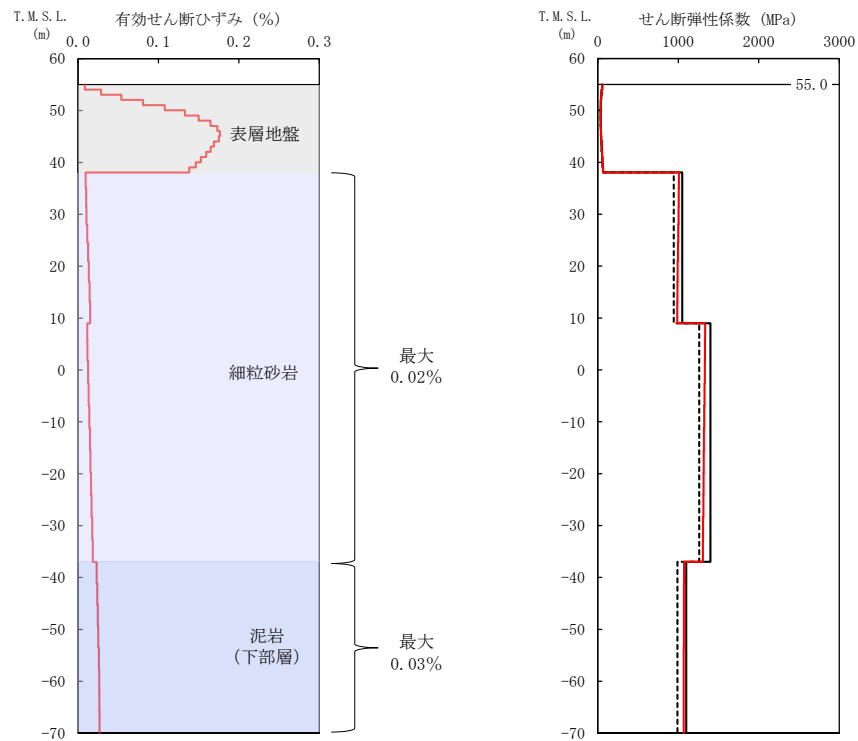


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-1-1-1-1-1 ハル・エンドピース貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

(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 (Ss-A, AE)



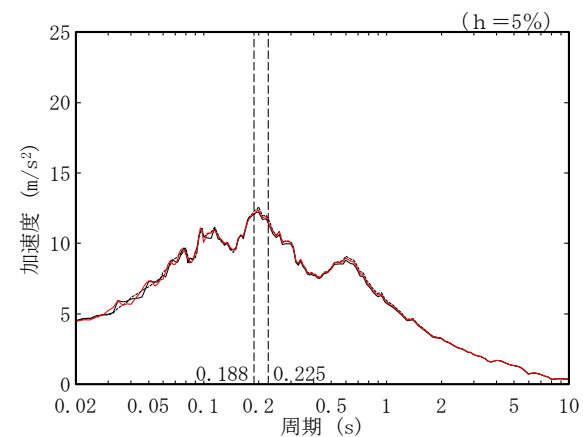
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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

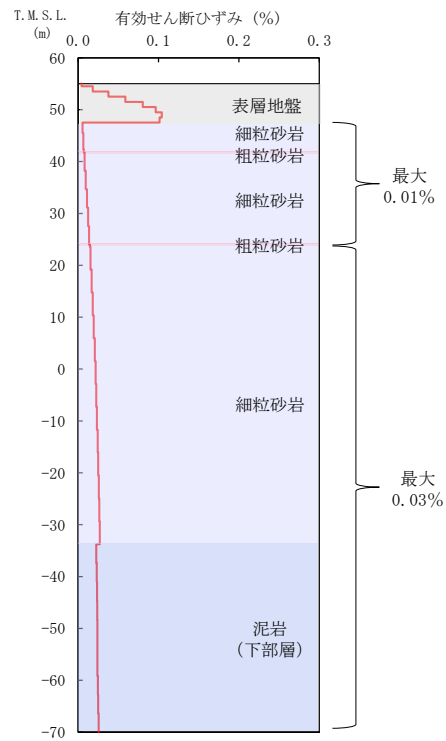
(c) 収束物性値



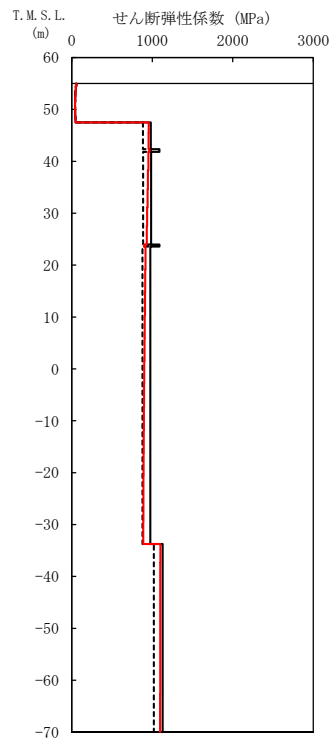
* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-6-1 制御建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

第 3.1-4 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, AG)



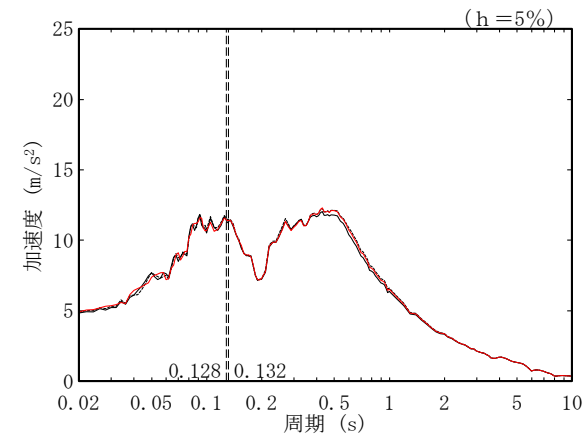
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (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
▽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
▽解放基礎表面						
-70.00	泥岩(下部層)	17.4	1130	1099	0.973	0.03
	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値

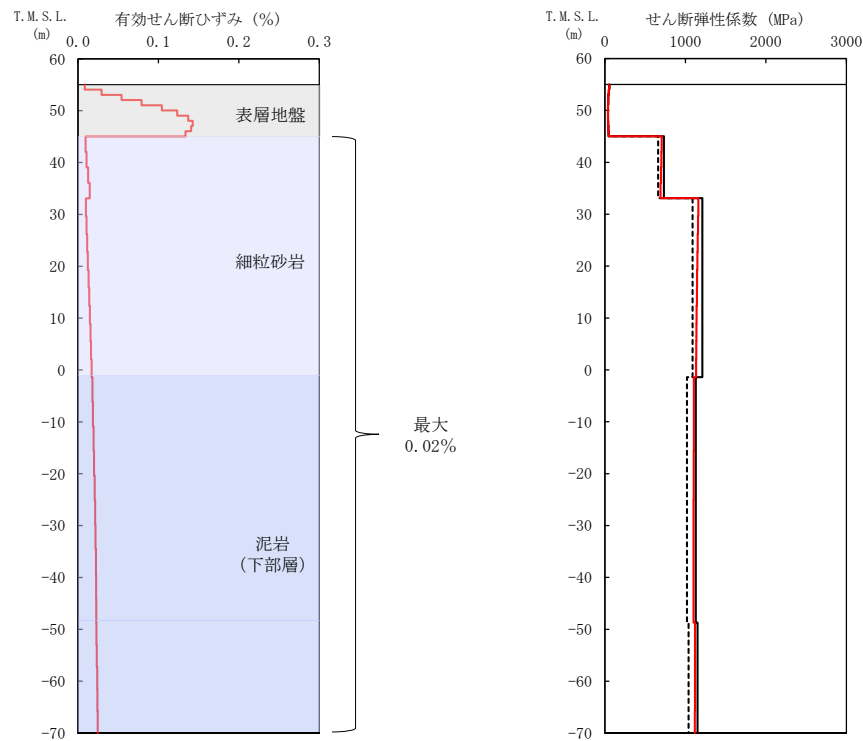


(d) 加速度応答スペクトル

* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-13-1 非常用電源建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

- (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 3.1-5 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, GA)



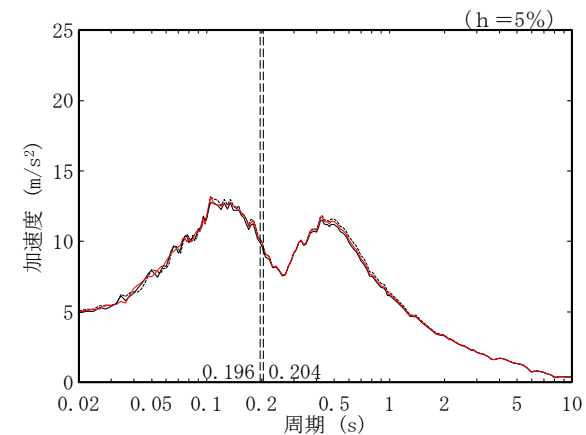
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽DC基礎底面						
45.03		18.1	734	699	0.952	0.03
33.09	細粒砂岩	18.0	1210	1146	0.947	0.03
-1.41						
-48.71	泥岩(下部層)	16.9	1130	1103	0.976	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00		17.0	1150	1119	0.973	0.03
		17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値



* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-10-1 チャンネルボックス・パーナブルポイズン処理建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

第 3.1-6 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, DC)

第 3.1-1 表 基礎底面地盤ばねのばね定数 (中央地盤)

(a) Ss-A, AA 周辺, AB

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	2.51.E+08	2.39.E+08	0.952
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	5.69.E+11	5.39.E+11	0.947
EW	底面スウェイばね (kN/m)	2.58.E+08	2.46.E+08	0.953
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	3.52.E+11	3.34.E+11	0.949
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	3.59.E+08	3.46.E+08	0.964

(b) Ss-A, F 施設周辺, FA

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	3.16.E+08	3.01.E+08	0.953
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	1.14.E+12	1.08.E+12	0.947
EW	底面スウェイばね (kN/m)	3.24.E+08	3.09.E+08	0.954
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	7.08.E+11	6.69.E+11	0.945
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	4.33.E+08	4.18.E+08	0.965

(c) Ss-A, AE

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	1.70.E+08	1.61.E+08	0.947
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	1.14.E+11	1.08.E+11	0.947
EW	底面スウェイばね (kN/m)	1.68.E+08	1.59.E+08	0.946
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	1.32.E+11	1.25.E+11	0.947
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	2.33.E+08	2.24.E+08	0.961

(d) Ss-A, AG

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	1.82.E+08	1.74.E+08	0.956
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	1.09.E+11	1.04.E+11	0.954
EW	底面スウェイばね (kN/m)	1.72.E+08	1.64.E+08	0.953
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	2.39.E+11	2.27.E+11	0.950
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	2.48.E+08	2.39.E+08	0.964

(e) Ss-A, GA

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	1.06.E+08	1.04.E+08	0.981
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	2.27.E+10	2.15.E+10	0.947
EW	底面スウェイばね (kN/m)	9.84.E+07	9.58.E+07	0.974
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	6.17.E+10	5.84.E+10	0.947
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	1.34.E+08	1.26.E+08	0.940

(f) Ss-A, DC

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	1.80.E+08	1.73.E+08	0.961
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	2.39.E+11	2.29.E+11	0.958
EW	底面スウェイばね (kN/m)	1.80.E+08	1.73.E+08	0.961
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	2.39.E+11	2.29.E+11	0.958
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	2.68.E+08	2.61.E+08	0.974

3.2 東側地盤における岩盤部分の非線形性の影響

東側地盤における各グループの基準地震動 S_s-A に対す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。また、基礎底面地盤ばねのばね定数を第 3.2-1 表に示す。

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

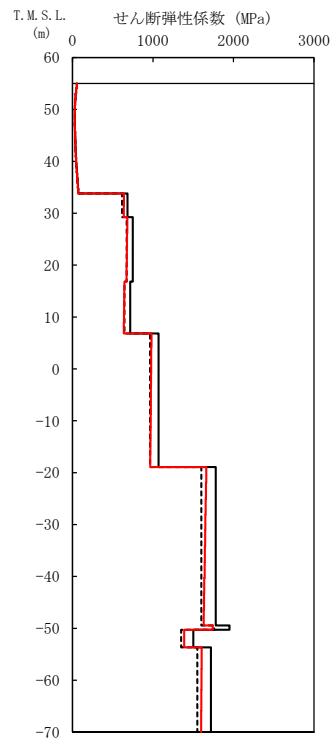
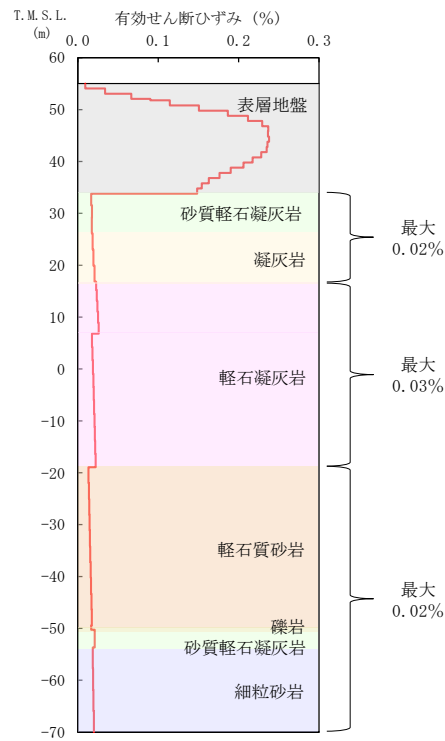
また、G14 の各岩種の有効せん断ひずみ及び剛性低下率 G/G_0 は以下のとおりとなっていることを確認した。なお、以下に記載する最大有効せん断ひずみの値については、最大の値を、剛性低下率 G/G_0 については、最小の値を記載している。

- ・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。

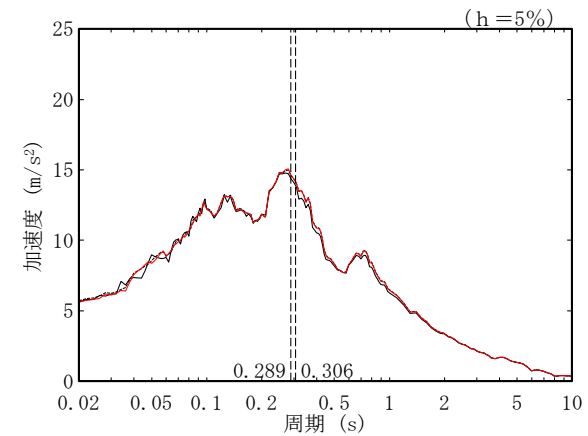
基礎底面レベルの加速度応答スペクトルの比較結果から、線形条件と等価線形解析の結果については、AC、CA、CB、AZ 周辺及び G14 のいずれにおいても周期特性に顕著な乖離はみられない。また、建屋の 1 次固有周期において、AC、CA、CB については同程度の応答となっていることから、0.01%～0.08% 程度の有効せん断ひずみに対する剛性低下の影響は小さいことを確認した。なお、建屋の 1 次固有周期において、AZ 周辺及び G14 では、応答に若干の差がみられることから、その他のパラメータの設定結果も踏まえ、申請時点の耐震評価に用いている入力地震動との比較において、この応答の差についての考察を合わせて行う。

基礎底面地盤ばねのばね定数の比較結果から、AC 及び AZ 周辺については、底面地盤ばねの剛性への影響は小さいことを確認した。一方で、CA、CB 及び G14 については、初期物性値のばね定数に比べ、等価線形解析による収束物性値のばね定数は最大で 12%～14% 程度小さく、他の建屋グループに比べて岩盤部分の剛性の非線形性の影響が大きいと考えられるため、地震応答解析モデルの固有周期への影響を確認する。「参考 1 固有値解析結果」より、いずれの建屋においても、初期物性値による結果と等価線形解析による収束物性値による結果の差は小さく、剛性低下による影響は小さいものと判断する。



T. M. S. L. (m)	岩種	単体体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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、添付書類「IV-2-1-1-1-3-1 精製建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

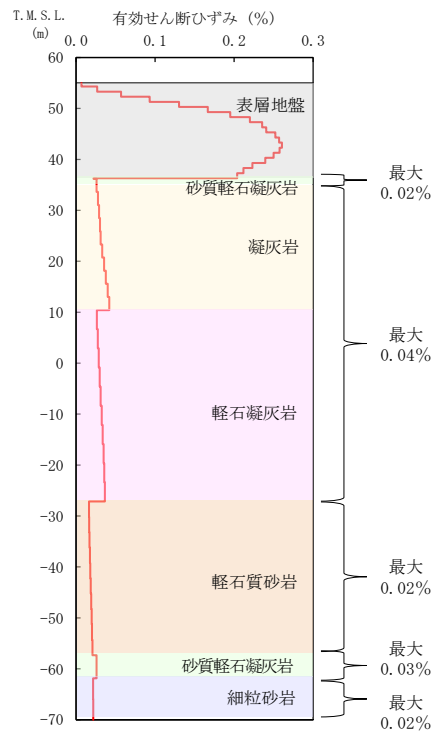
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

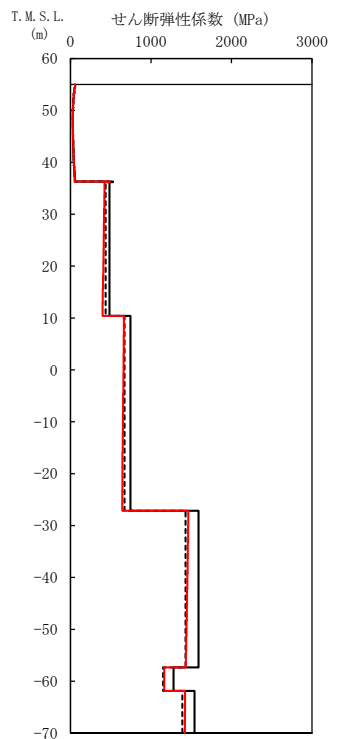
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 3.2-1 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, AC)



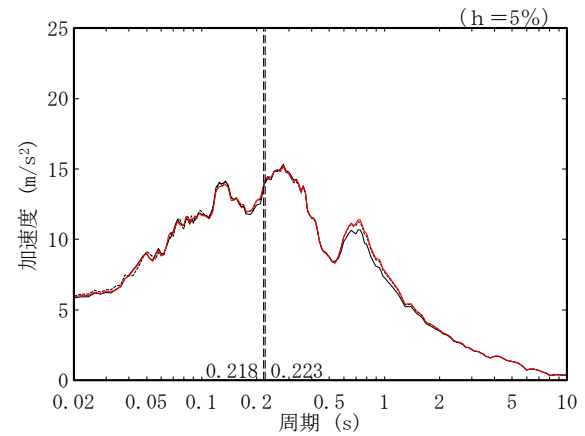
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ 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

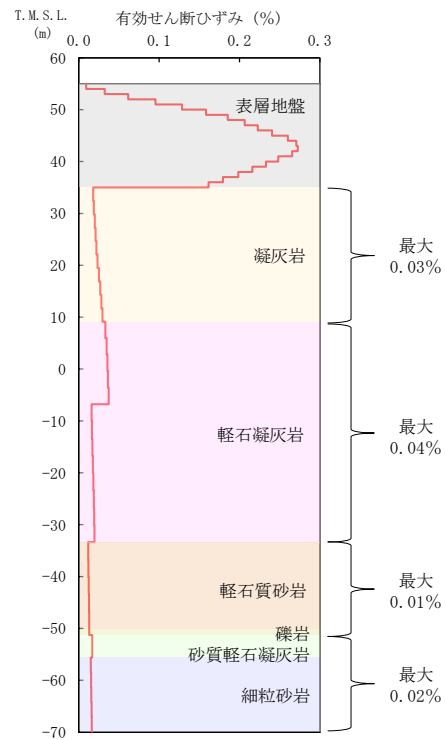


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-4-1 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

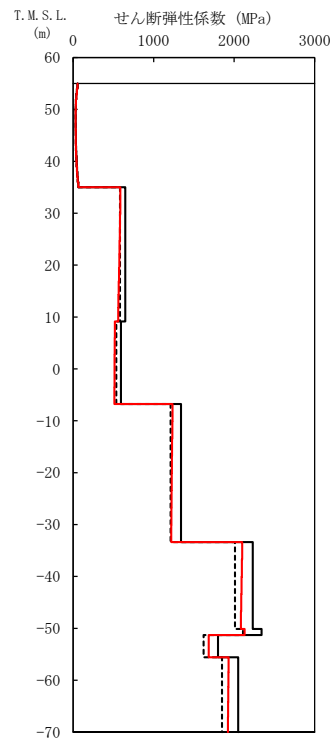
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 3.2-2 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, CA)



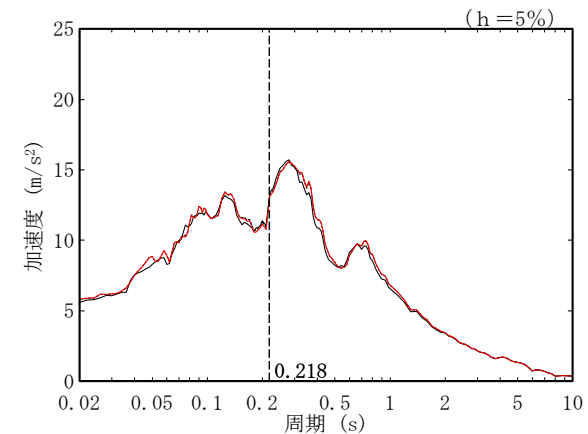
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/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

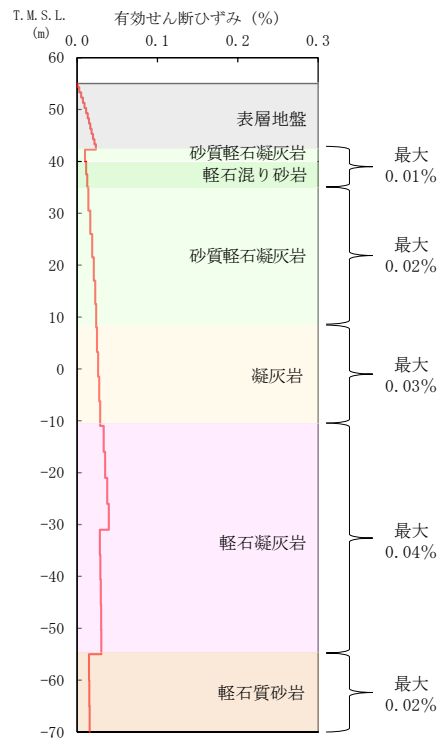


(d) 加速度応答スペクトル

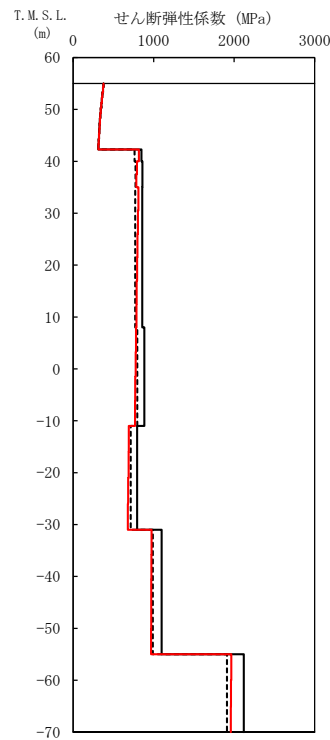
- (凡例) — 初期物性値
 — 等価線形解析による収束物性値
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-5-1 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A の建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

第 3.2-3 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, CB)



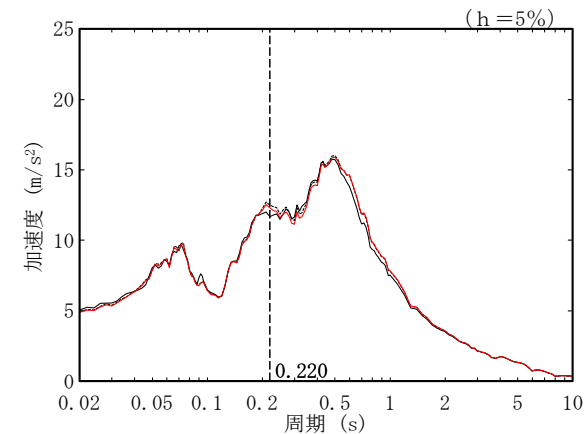
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/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	凝灰岩	14.6	794	686	0.864	0.03
-31.00	軽石凝灰岩	15.6	1100	971	0.883	0.03
-55.00	砂質軽石凝灰岩	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

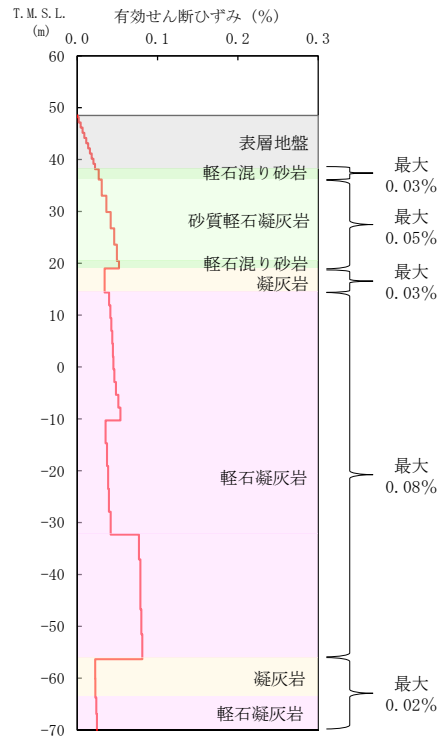


(d) 加速度応答スペクトル

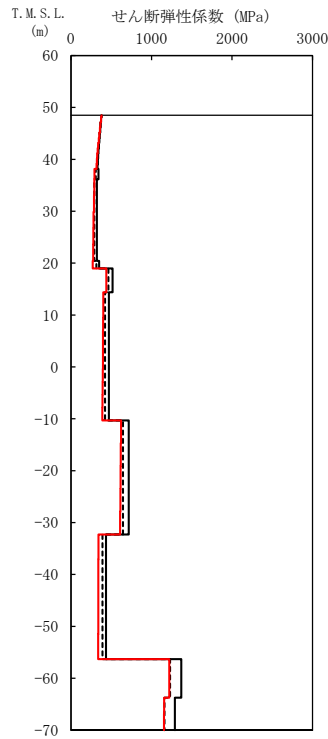
- (凡例) — 初期物性値
 — 等価線形解析による収束物性値
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-2 1-1 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

第 3.2-4 図 地盤の等価線形解析結果 (Ss-A, AZ 周辺, AZ)



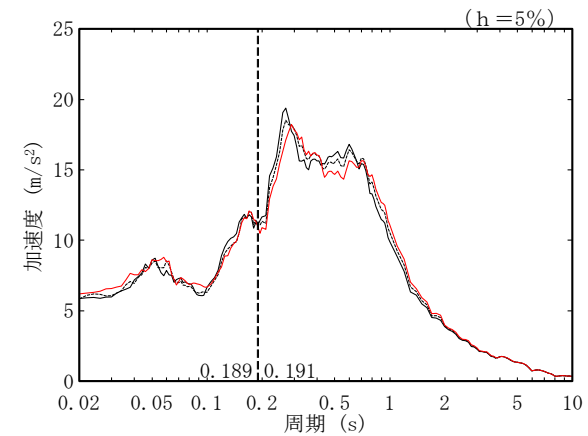
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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、添付書類「IV-2-1-1-1-18-1 第2保管庫・貯水所の地震応答計算書」に示す S_s -Aでの建屋の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 3.2-5 図 地盤の等価線形解析結果 (S_s -A, G14)

第 3.2-1 表 基礎底面地盤ばねのばね定数（東側地盤）

(a) Ss-A, AC

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね(kN/m)	2.27.E+08	2.08.E+08	0.916
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	5.77.E+11	5.25.E+11	0.910
EW	底面スウェイばね(kN/m)	2.30.E+08	2.11.E+08	0.917
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	4.32.E+11	3.93.E+11	0.910
UD	底面鉛直ばね(kN/m)	4.14.E+08	3.86.E+08	0.932

(b) Ss-A, CA

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね(kN/m)	1.13.E+08	9.78.E+07	0.865
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	1.69.E+11	1.46.E+11	0.864
EW	底面スウェイばね(kN/m)	1.16.E+08	1.01.E+08	0.871
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	1.23.E+11	1.06.E+11	0.862
UD	底面鉛直ばね(kN/m)	2.18.E+08	1.94.E+08	0.890

(c) Ss-A, CB

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね(kN/m)	1.12.E+08	9.87.E+07	0.881
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	8.92.E+10	7.82.E+10	0.877
EW	底面スウェイばね(kN/m)	1.13.E+08	9.95.E+07	0.881
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	8.09.E+10	7.09.E+10	0.876
UD	底面鉛直ばね(kN/m)	1.92.E+08	1.71.E+08	0.891

(d) Ss-A, AZ 周辺, AZ

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね(kN/m)	1.75.E+08	1.59.E+08	0.909
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	1.83.E+11	1.65.E+11	0.902
EW	底面スウェイばね(kN/m)	1.71.E+08	1.56.E+08	0.912
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	2.48.E+11	2.34.E+11	0.944
UD	底面鉛直ばね(kN/m)	2.61.E+08	2.36.E+08	0.904

(e) Ss-A, G14

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね(kN/m)	1.00.E+08	8.74.E+07	0.874
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	9.56.E+10	8.24.E+10	0.862
EW	底面スウェイばね(kN/m)	9.21.E+07	8.03.E+07	0.872
	底面ロッキングばね(kN・m/rad)	3.30.E+11	2.83.E+11	0.858
UD	底面鉛直ばね(kN/m)	1.95.E+08	1.70.E+08	0.872

3.3 西側地盤における岩盤部分の非線形性の影響

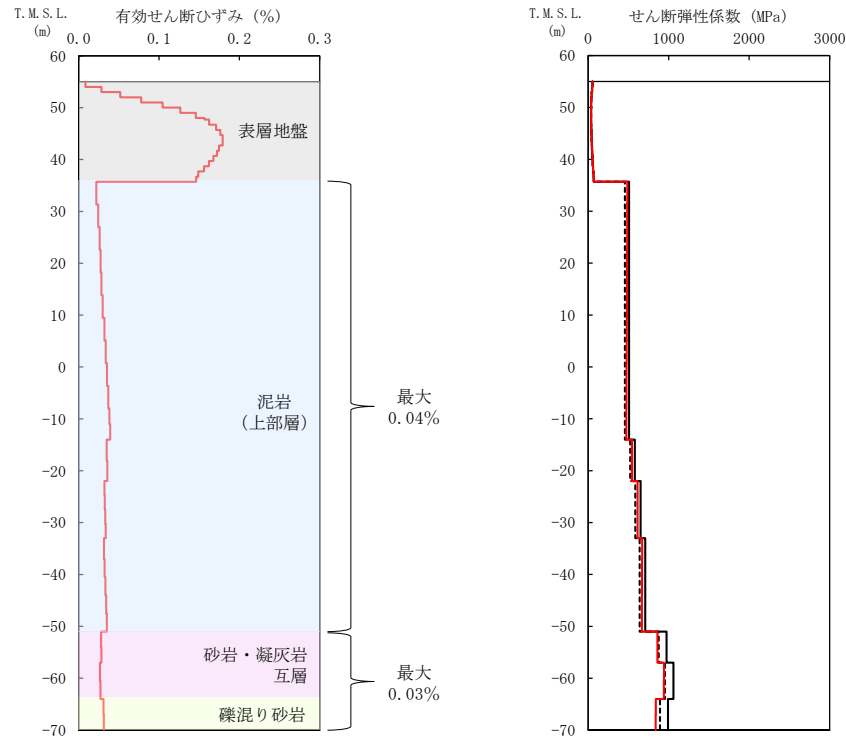
西側地盤における基準地震動 Ss-A に対する等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 3.3-1 図に示す。また、基礎底面地盤ばねのばね定数を第 3.3-1 表に示す。

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小さいことを確認した。

基礎底面地盤ばねのばね定数の比較結果から、底面地盤ばねの剛性への影響も小さいことを確認した。



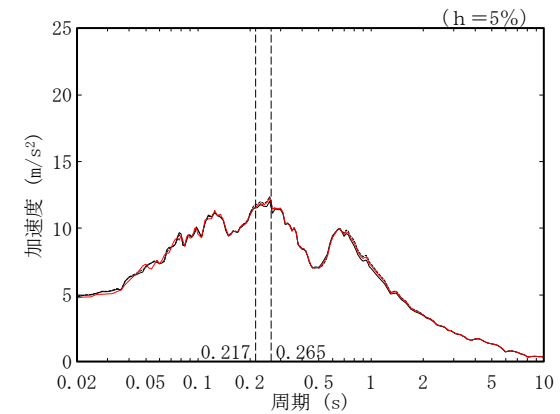
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ 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	-	15.9	987	987	1.000	0.03

(c) 収束物性値



* : 図中の縦点線は、添付書類「Ⅱ-2-1-1-1-1-1 ガラス固化体貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す S_s-A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

第 3.3-1 図 地盤の等価線形解析結果 (S_s-A, E 施設周辺, EB)

第 3.3-1 表 基礎底面地盤ばねのばね定数（西側地盤，Ss-A，EB）

方向	種別	① 初期物性値	② 等価線形解析による収束物性値	②/①
NS	底面スウェイばね (kN/m)	7.38.E+07	7.00.E+07	0.949
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	4.74.E+10	4.48.E+10	0.945
EW	底面スウェイばね (kN/m)	7.39.E+07	7.01.E+07	0.949
	底面ロッキングばね (kN・m/rad)	4.58.E+10	4.34.E+10	0.948
UD	底面鉛直ばね (kN/m)	1.15.E+08	1.10.E+08	0.957

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基準地震動 S_s-A に対する地盤の各岩種の最大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。

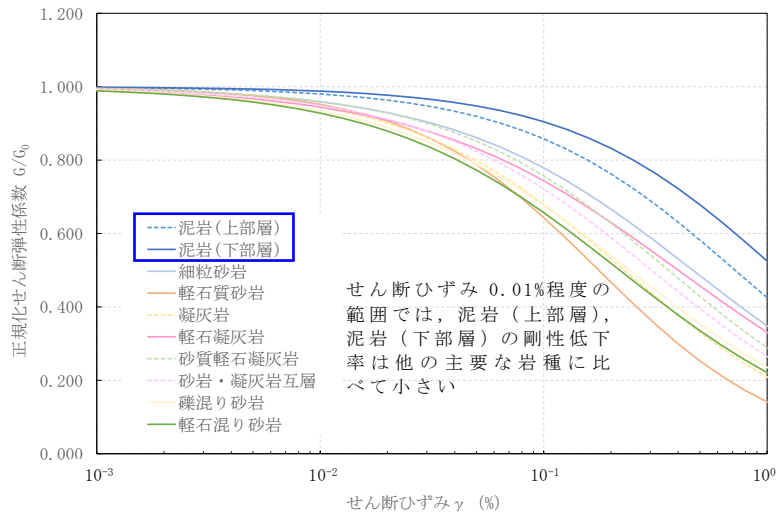
東側地盤の G14 については、3.2 節に示したとおり、軽石凝灰岩の初期せん断弾性係数が他グループと比べ小さいことから、地震時の地盤のせん断ひずみが卓越しやすく、剛性低下が他岩種と比べて大きい傾向であると考えられる。

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。

底面地盤ばねの剛性への影響に関しては、東側地盤の CA、CB 及び G14 を除く全てのグループで、ばね定数への影響は小さいことを確認した。また、東側地盤の CA、CB 及び G14 については、ばね定数への影響は見られたものの、地震応答解析モデルの固有周期に及ぼす影響は小さいことから、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）	0.03%～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. 1.2×S_s-A の地盤応答解析結果

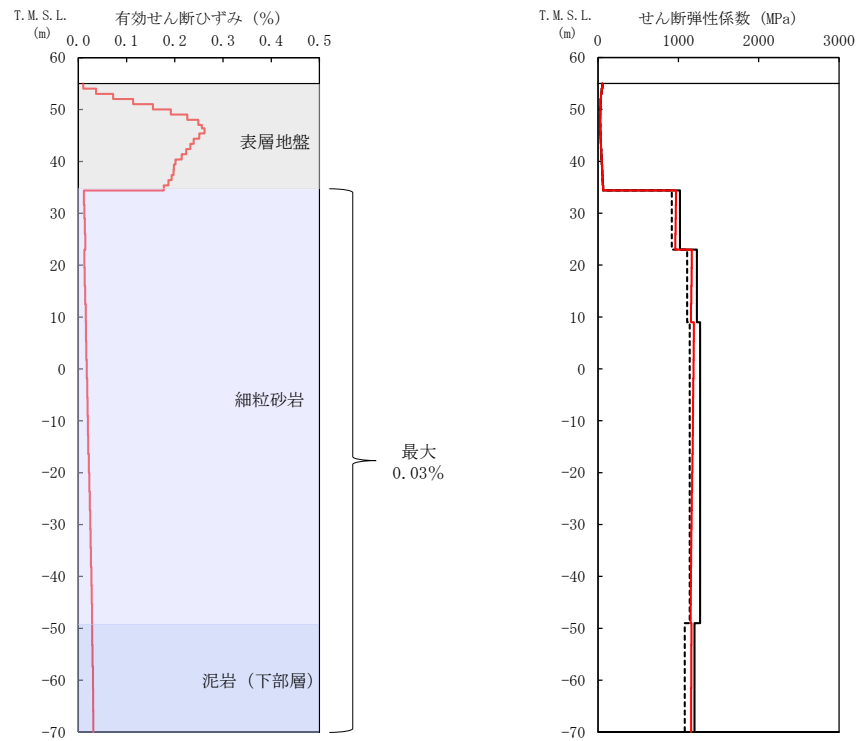
中央地盤、東側地盤及び西側地盤における各グループの 1.2×S_s-A に対する等価線形解析の結果として、地盤の有効せん断ひずみ分布、収束剛性分布、収束物性値及び各建屋の基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを第 4-1 図～第 4-12 図に示す。また、地盤の各岩種の最大有効せん断ひずみ及び剛性低下率 G/G_0 の比較結果を基準地震動 S_s-A の地盤応答解析結果と合わせて第 4-1 表に整理する。

いずれのグループにおいても、1.2×S_s-A の地盤応答解析結果は、基準地震動 S_s-A の地盤応答解析結果と比較して、最大有効せん断ひずみの若干の増加に伴い、剛性低下率 G/G_0 の最小値は減少するものの、著しい剛性低下が見られるグループはなかった。また、「3. 基準地震動 S_s-A の地盤応答解析結果」において、底面地盤ばねの剛性への影響及び地震応答解析モデルの固有周期への影響は小さいことから、基準地震動 S_s-A と比較して著しい剛性低下の見られなかった 1.2×S_s-A においても、同様の傾向となると考えられる。上記のことから、岩盤部分の非線形性による剛性低下の影響は小さいものと判断する。

加速度応答スペクトルへの影響に関しては、基準地震動 S_s-A の地盤応答解析結果と同様に、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 4-1 表 地盤応答解析結果の比較

	基準地震動	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	S _s -A	0.01%～0.03%	0.827
	1.2×S _s -A	0.02%～0.03%	0.809
東側地盤 (G14 を除く)	S _s -A	0.01%～0.04%	0.851
	1.2×S _s -A	0.02%～0.06%	0.820
東側地盤 (G14)	S _s -A	0.03%～0.08%	0.774
	1.2×S _s -A	0.04%～0.10%	0.740
西側地盤	S _s -A	0.03%～0.04%	0.847
	1.2×S _s -A	0.03%～0.05%	0.823

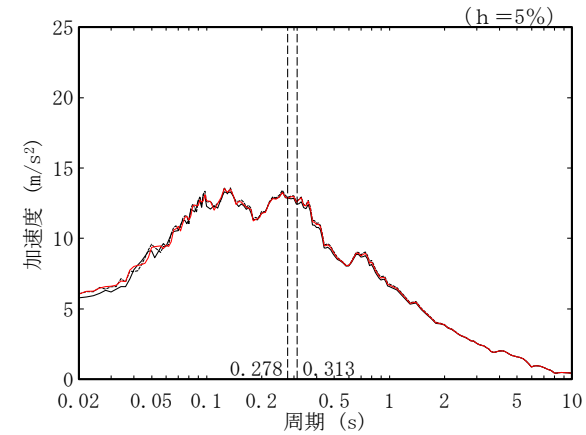


(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (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
▽AB基礎底面						
34.39	細粒砂岩	18.2	1020	966	0.947	0.03
23.00		18.4	1230	1162	0.945	0.03
9.00		18.0	1270	1173	0.924	0.03
-49.00	泥岩(下部層)	17.5	1200	1160	0.967	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値

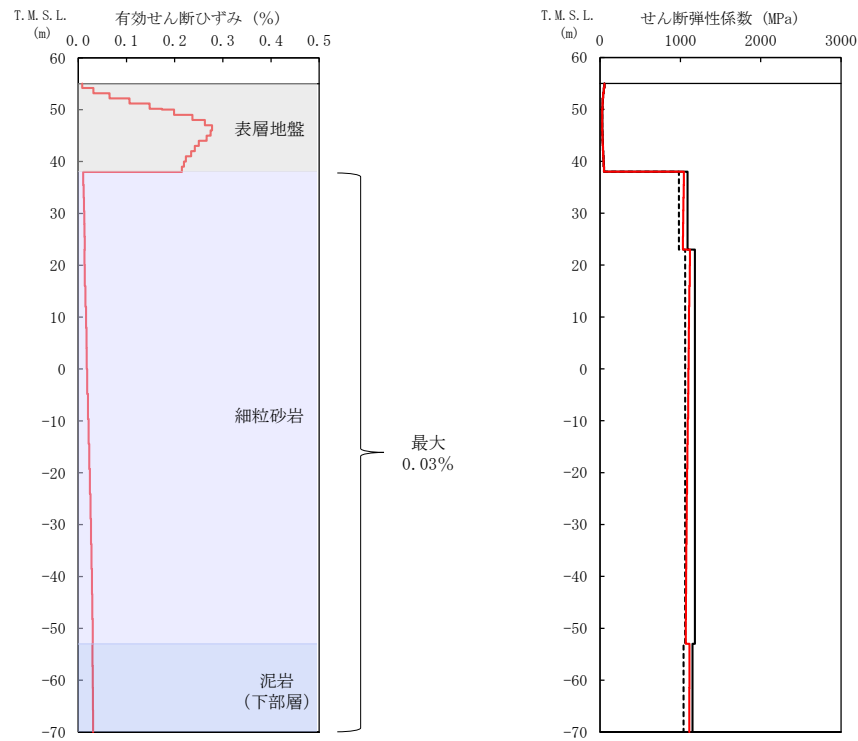


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-2-1 分離建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

(d) 加速度応答スペクトル

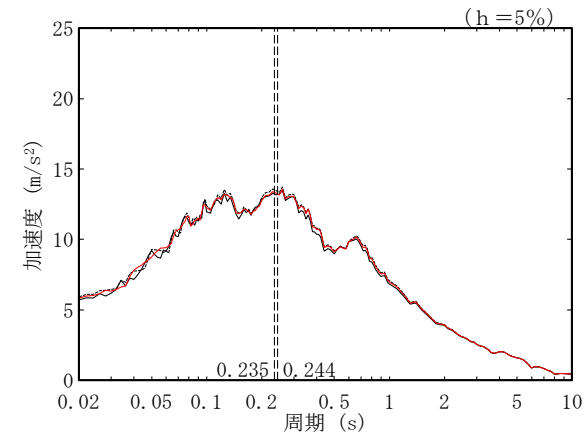
- (凡例) — 初期物性値
 — 等価線形解析による収束物性値
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

第 4-1 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, AA 周辺, AB)



T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^9$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^9$ kN/m ²)	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	1037	0.951	0.03
23.00		18.0	1180	1090	0.924	0.03
-53.00	泥岩(下部層)	17.3	1150	1112	0.967	0.03
▽解放基礎表面		-70.00	17.0	1164	1164	1.000

(c) 収束物性値



* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-1-1 使用済燃料受入れ・貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の1次固有周期 (NS,EW) を示す。

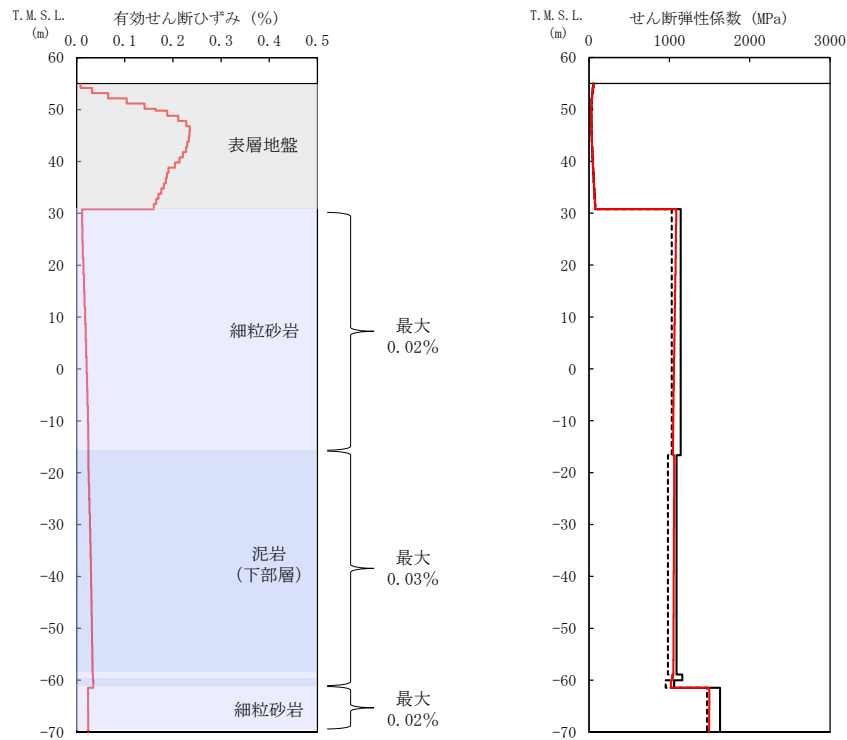
(d) 加速度応答スペクトル

(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 4-2 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2 \times S_s-A, F 施設周辺, FA)



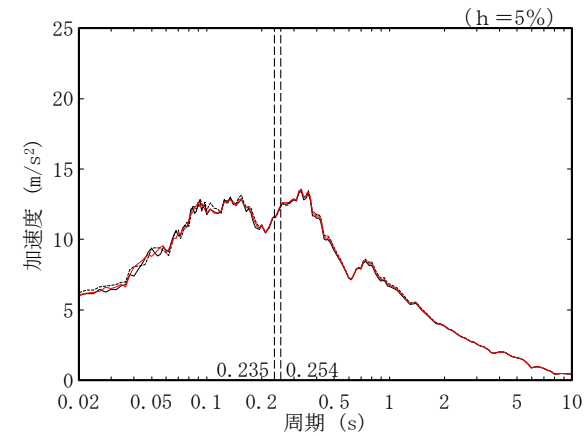
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (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
▽AE基礎底面						
30.80	細粒砂岩	17.9	1140	1064	0.933	0.03
-16.63	泥岩(下部層)	17.2	1090	1055	0.968	0.03
-58.90	細粒砂岩	18.2	1160	1038	0.895	0.03
-60.02	泥岩(下部層)	16.7	1060	1020	0.962	0.03
-61.46	細粒砂岩	18.4	1630	1497	0.918	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

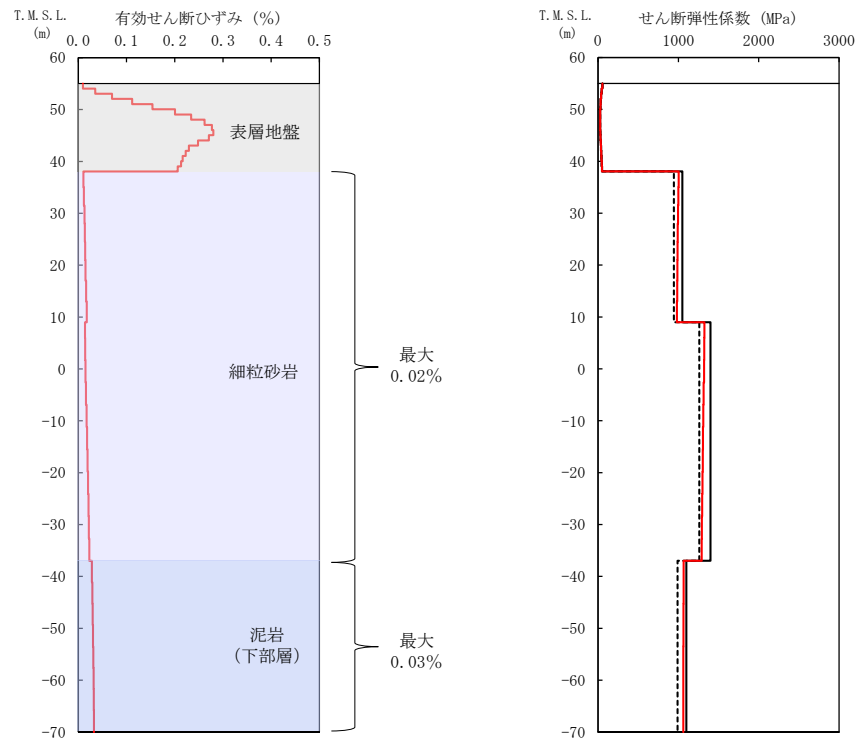
(c) 収束物性値



* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-1-1-1 ハル・エンドピース貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

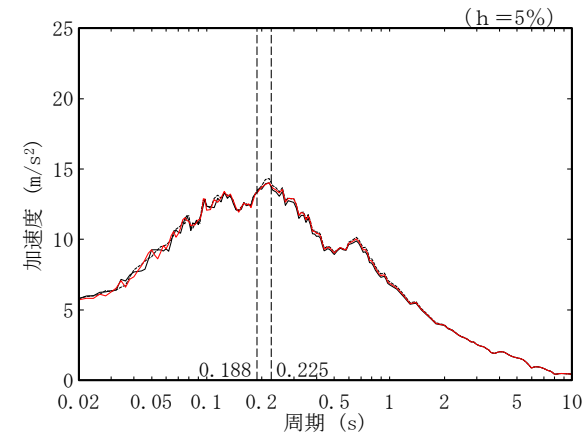
(d) 加速度応答スペクトル

第 4-3 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2× S_s -A, AE)



T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽AG基礎底面						
38.05		18.3	1050	992	0.945	0.03
9.00	細粒砂岩	18.1	1400	1307	0.934	0.03
-37.00	泥岩(下部層)	16.9	1100	1063	0.966	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、添付書類「IV-2-1-1-1-6-1 制御建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

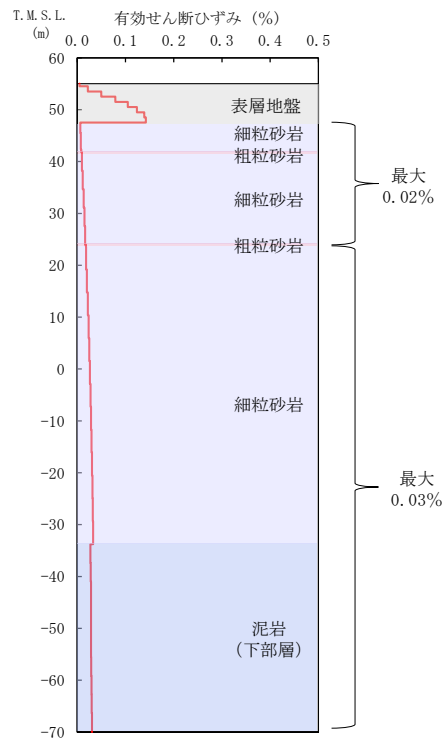
(a) 有効せん断ひずみ

(b) 収束剛性分布

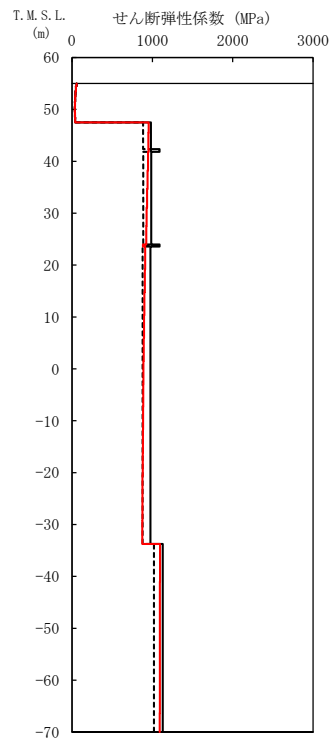
(d) 加速度応答スペクトル

(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 4-4 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, AG)



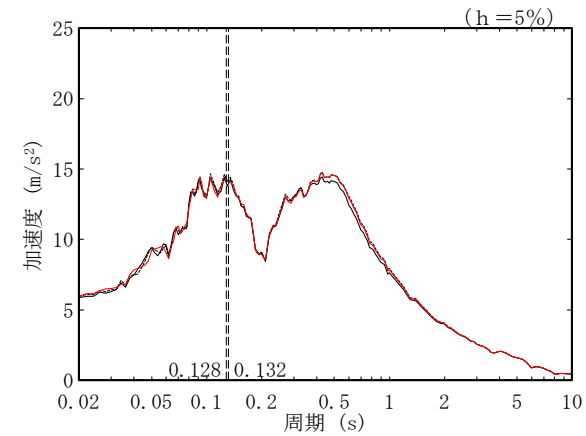
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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	951	0.968	0.03
42.34	粗粒砂岩	20.1	1090	954	0.875	0.03
41.81	粗粒砂岩	18.1	986	935	0.948	0.03
23.96	粗粒砂岩	20.1	1090	882	0.809	0.03
23.58	細粒砂岩	18.0	975	889	0.912	0.03
-33.75	泥岩(下部層)	17.4	1130	1094	0.968	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03

(c) 収束物性値

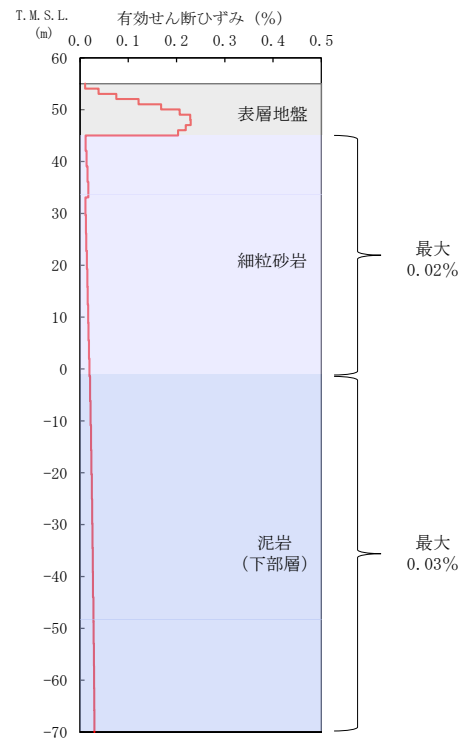


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-1-13-1 非常用電源建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

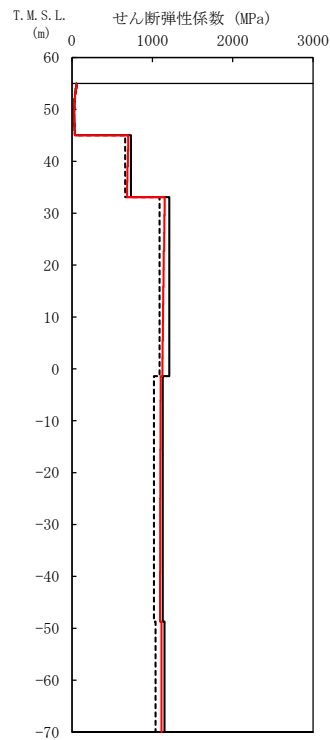
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 4-5 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, GA)



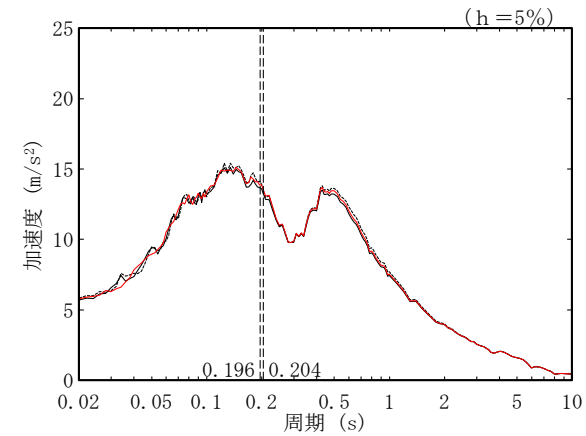
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (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						
	細粒砂岩	18.1	734	693	0.944	0.03	
		33.09	18.0	1210	1138	0.940	0.03
	泥岩 (下部層)	-1.41	16.9	1130	1098	0.972	0.03
		-48.71	17.3	1150	1113	0.968	0.03
▽解放基礎表面	-70.00						
	-	17.0	1164	1164	1.000	0.03	

(c) 収束物性値

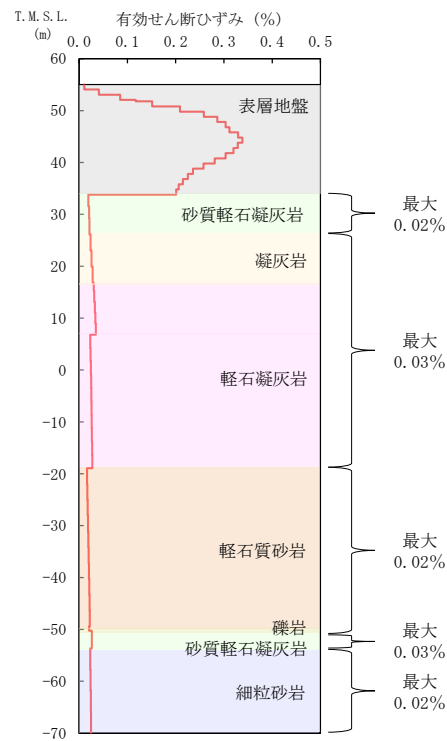


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-10-1 チャンネルボックス・パーナブルポイズン処理建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

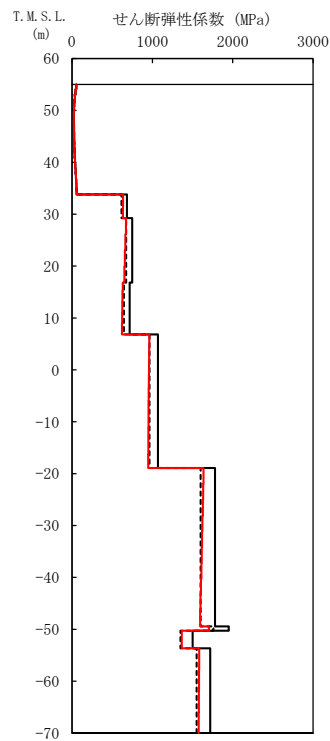
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 4-6 図 地盤の等価線形解析結果 ($1.2 \times S_s$ -A, DC)



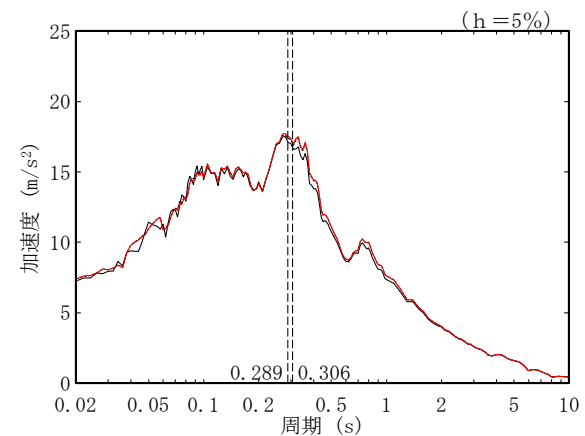
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単体体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	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	635	0.928	0.03
29.24	凝灰岩	15.9	749	661	0.883	0.03
16.82	軽石凝灰岩	15.2	717	626	0.873	0.03
6.82		15.3	1070	954	0.892	0.03
-18.93	軽石質砂岩	18.9	1780	1616	0.908	0.03
-49.43	礫岩	20.8	1950	1704	0.874	0.03
-50.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1500	1365	0.910	0.03
-53.68	細粒砂岩	18.3	1720	1579	0.918	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

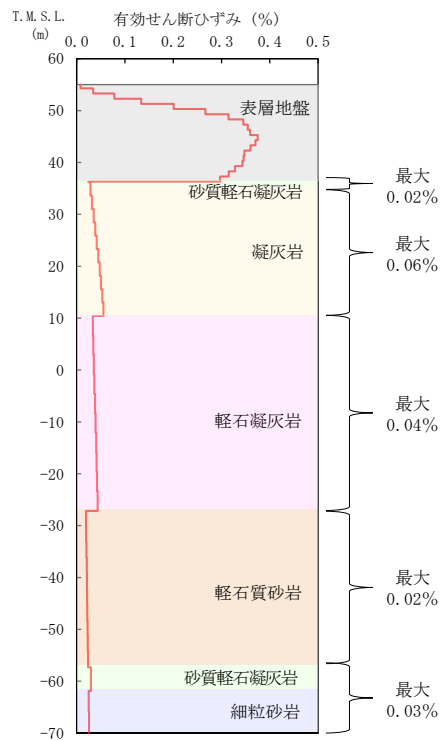


(d) 加速度応答スペクトル

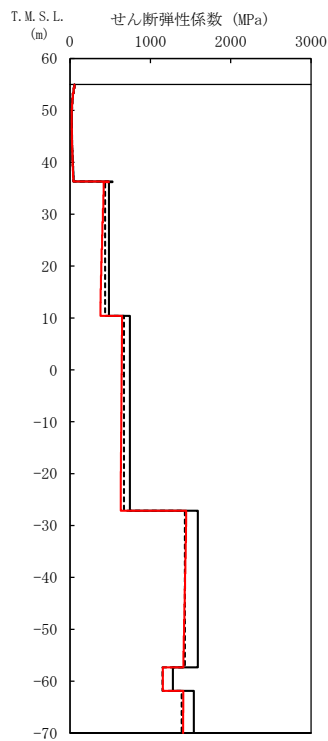
- (凡例) — 初期物性値
 — 等価線形解析による収束物性値
 - - - (参考) 10%の剛性低下に対応する物性値

* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-3-1 精製建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

第 4-7 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, AC)



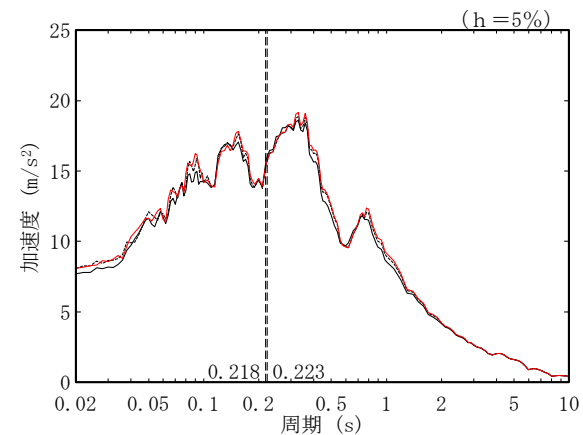
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ 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	483	0.913	0.03
36.19	凝灰岩	15.7	484	397	0.820	0.03
10.42	軽石凝灰岩	14.5	746	639	0.857	0.03
-27.16	軽石質砂岩	18.8	1590	1429	0.899	0.03
-57.33	砂質軽石凝灰岩	15.2	1280	1155	0.902	0.03
-61.86	細粒砂岩	18.2	1540	1409	0.915	0.03
▽解放基盤表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

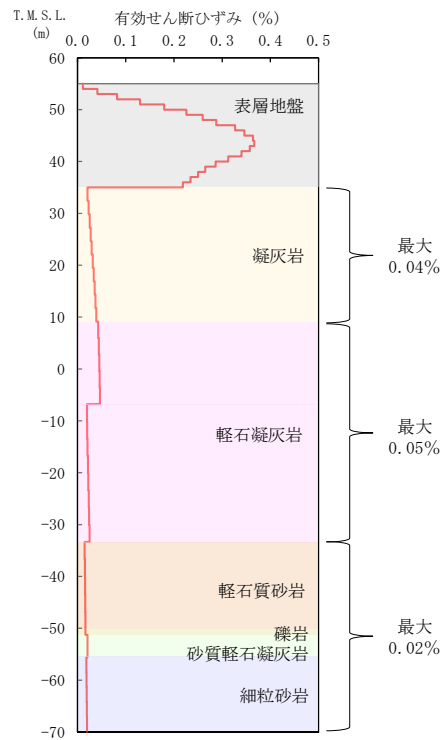


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-4-1 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

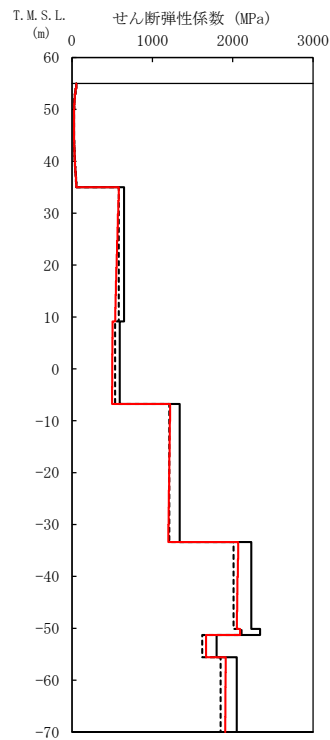
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 4-8 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2 \times S_s-A, CA)



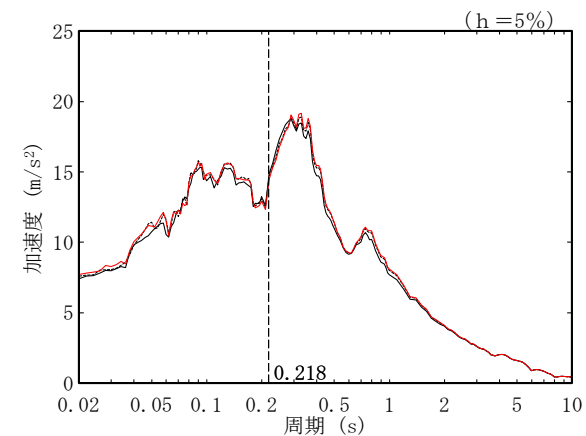
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽CR基礎底面						
35.00	凝灰岩	16.0	647	559	0.864	0.03
9.13	軽石凝灰岩	14.7	595	501	0.842	0.03
-6.77		16.3	1340	1210	0.903	0.03
-33.37	軽石質砂岩	19.8	2230	2059	0.923	0.03
-50.12	礫岩	20.8	2340	2092	0.894	0.03
-51.28	砂質軽石凝灰岩	16.0	1800	1667	0.926	0.03
-55.59	細粒砂岩	18.2	2050	1910	0.932	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

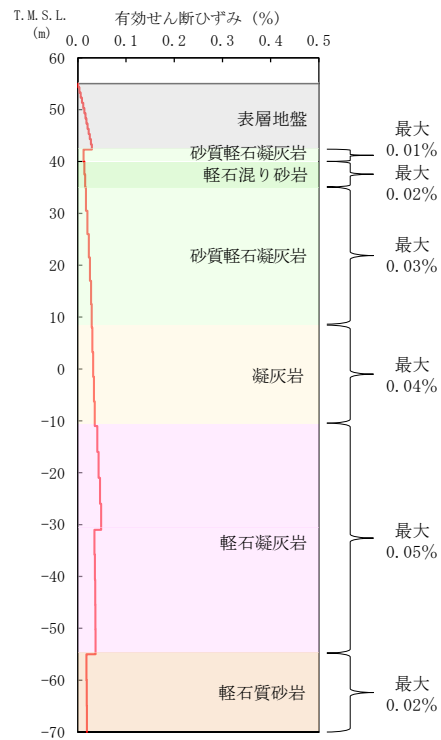


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-5-1 ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A の建屋の 1 次固有周期 (NS, EW) を示す。

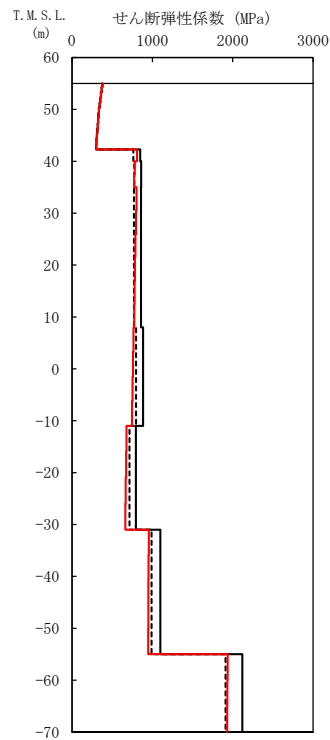
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 4-9 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, CB)



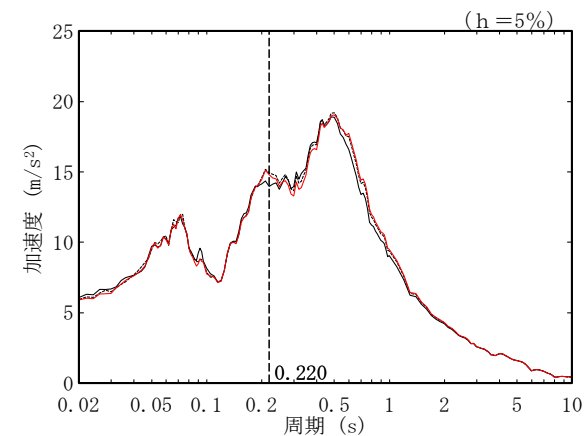
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/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	809	0.953	0.03
40.00	軽石混り砂岩	14.6	861	777	0.902	0.03
35.00	砂質軽石凝灰岩	15.8	858	788	0.918	0.03
8.00	凝灰岩	16.3	885	756	0.854	0.03
-11.00	軽石凝灰岩	14.6	794	671	0.845	0.03
-31.00		15.6	1100	951	0.865	0.03
-55.00	軽石質砂岩	18.1	2120	1933	0.912	0.03
▽解放基盤表面						
-70.00	-	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

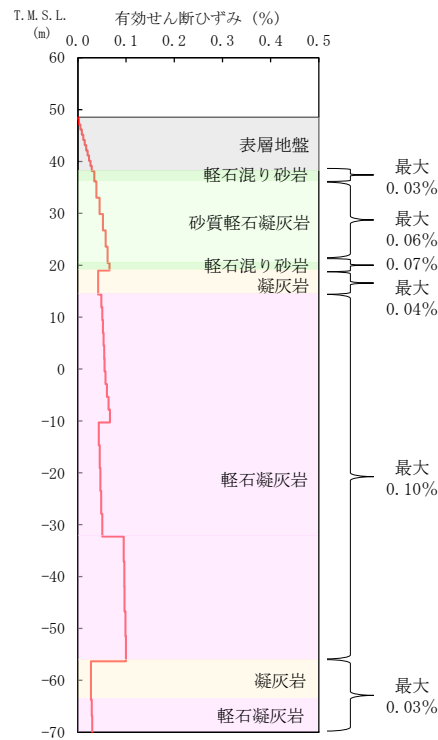


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-2 1-1 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示す Ss-A での建屋の 1 次固有周期 (NS,EW) を示す。

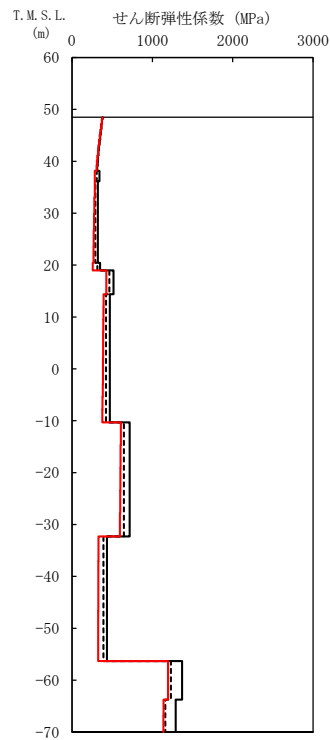
(d) 加速度応答スペクトル

- (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 4-10 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2×Ss-A, AZ 周辺, AZ)



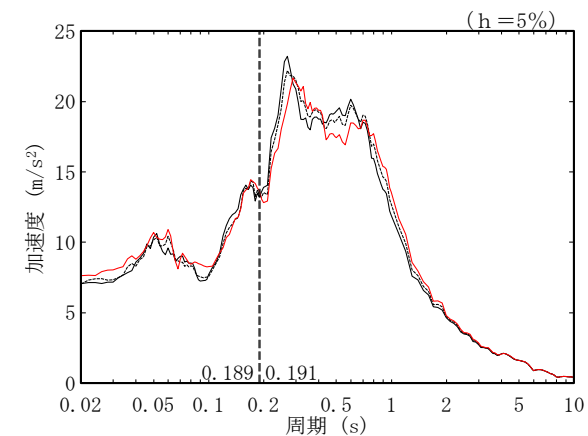
(a) 有効せん断ひずみ



(b) 収束剛性分布

T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (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
▽G14基礎底面						
38.15	軽石混り砂岩	15.8	341	283	0.830	0.03
36.15	砂質軽石凝灰岩	14.9	322	275	0.854	0.03
20.44	軽石混り砂岩	16.2	350	259	0.740	0.03
18.99	凝灰岩	16.2	517	426	0.824	0.03
14.37		14.7	470	386	0.821	0.03
-10.30	凝灰岩	15.2	717	602	0.840	0.03
-32.30		15.2	435	327	0.752	0.03
-56.33	凝灰岩	16.2	1370	1195	0.872	0.03
-63.74	軽石凝灰岩	15.3	1290	1138	0.882	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	—	18.1	1601	1601	1.000	0.03

(c) 収束物性値

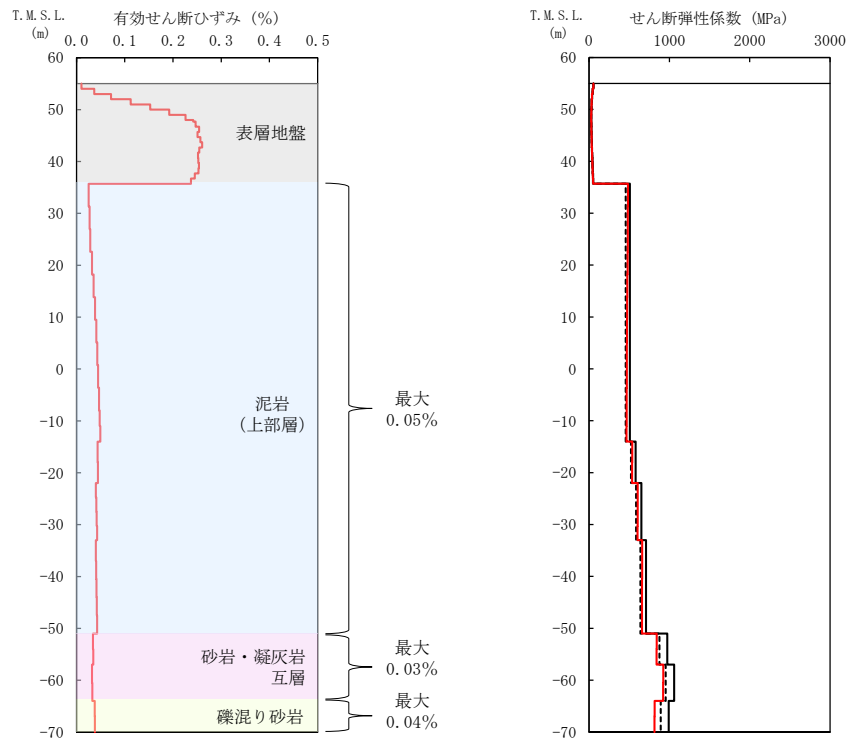


* : 図中の縦点線は、添付書類「IV-2-1-1-1-18-1 第2保管庫・貯水所の地震応答計算書」に示す S_s -Aでの建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

(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 4-11 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2× S_s -A, G14)



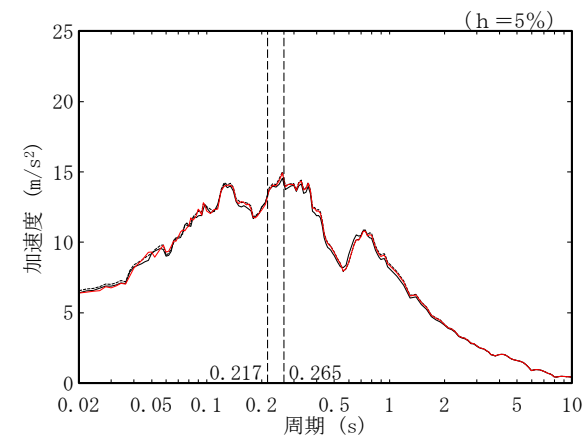
(a) 有効せん断ひずみ

(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 γ_t (kN/m ³)	初期せん断弾性係数 G_0 ($\times 10^3$ kN/m ²)	収束せん断弾性係数 G ($\times 10^3$ kN/m ²)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h
▽FR基礎底面						
-35.70	泥岩(上部層)	15.9	508	475	0.935	0.03
-14.00		15.8	580	537	0.926	0.03
-22.00		16.1	651	606	0.931	0.03
-33.00		16.0	710	660	0.930	0.03
-51.00	砂岩・凝灰岩互層	17.0	973	841	0.864	0.03
-57.00		16.7	1060	922	0.870	0.03
-64.00	礫混り砂岩	15.6	992	816	0.823	0.03
▽解放基礎表面						
-70.00	-	15.9	987	987	1.000	0.03

(c) 収束物性値



(d) 加速度応答スペクトル

* : 図中の縦点線は、添付書類「II-2-1-1-1-1-1 ガラス固化体貯蔵建屋の地震応答計算書」に示す S_s -A での建屋の1次固有周期 (NS, EW) を示す。

第 4-12 図 地盤の等価線形解析結果 (1.2 \times S_s-A, E 施設周辺, EB)

5. まとめ

本資料においては、岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響についての検討を行い、岩盤部分の剛性の非線形性を考慮した場合の影響は小さいことを確認した。

なお、AZ 周辺及び G14 では、加速度応答スペクトル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、申請時点の耐震評価に用いている入力地震動との比較において、この応答の差についての考察を合わせて行う。

参考 1

固有値解析結果

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 固有値解析結果	1

1. 概要

底面地盤ばねのばね定数について、等価線形解析による収束物性値の結果が初期物性値による結果に比べて最大で 12%~14%程度小さくなり、岩盤部分の剛性低下による影響が他の建屋に比べて比較的大きいと考えられる CA, CB 及び G14 について、建屋の地震応答解析モデルの固有周期の確認を行う。

2. 固有値解析結果

CA, CB 及び G14 の固有値解析結果及び刺激係数図を第 2-1 表~第 2-12 表に示す。各方向の主要な固有モードにおける固有振動数について、初期物性値による結果と等価線形解析による収束物性値による結果を比較すると、CA 及び CB では最大で 5%程度以内の差であり、G14 では最大で 7%程度以内の差であった。

以上より、地震応答解析モデルの固有周期においては、初期物性値による結果と等価線形解析による収束物性値による結果の差は小さく、剛性低下による影響は小さいものと判断する。

第 2-1 表 CA の固有値解析結果

(a) NS 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.236	0.249	4.24	4.01	0.946
2	0.115	0.122	8.72	8.23	0.944
3	0.064	0.065	15.68	15.42	0.983
4	0.048	0.048	20.96	20.88	0.996

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

(b) EW 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.241	0.255	4.15	3.93	0.947
2	0.117	0.125	8.51	8.02	0.942
3	0.061	0.061	16.53	16.32	0.987
4	0.045	0.045	22.26	22.17	0.996

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

(c) UD 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.148	0.156	6.75	6.40	0.948
2	0.037	0.037	26.93	26.83	0.996

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-2 表 CA の刺激係数図 (NS 方向)

	1 次モード	2 次モード	3 次モード	4 次モード
①	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.342$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.326$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.072$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = -0.056$</p>
②	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.324$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.312$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.069$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = -0.048$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

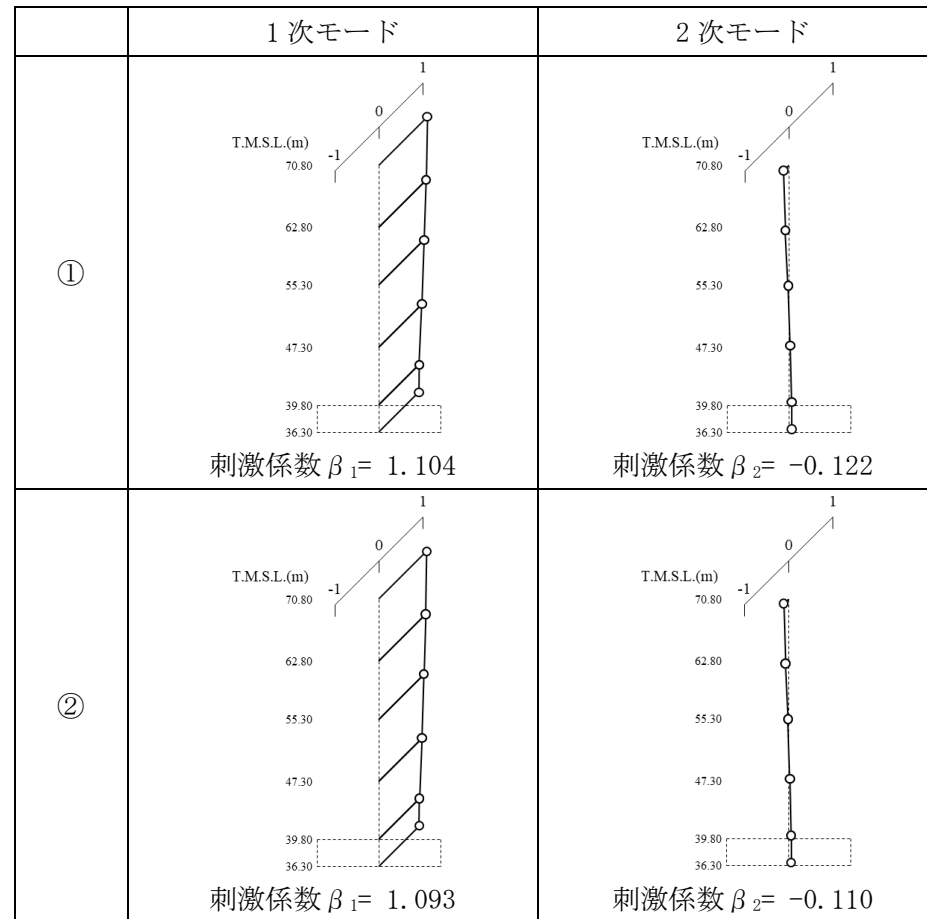
第 2-3 表 CA の刺激係数図 (EW 方向)

	1 次モード	2 次モード	3 次モード	4 次モード
①	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.342$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.387$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.073$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = -0.060$</p>
②	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.329$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.379$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.068$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = -0.052$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-4 表 CA の刺激係数図 (UD 方向)



① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-5 表 CB の固有値解析結果

(a) NS 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.221	0.233	4.52	4.30	0.951
2	0.108	0.114	9.25	8.75	0.946
3	0.054	0.055	18.46	18.30	0.991
4	0.045	0.045	22.35	22.31	0.998

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

(b) EW 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.222	0.233	4.51	4.29	0.951
2	0.108	0.114	9.25	8.76	0.947
3	0.048	0.049	20.76	20.59	0.992
4	0.037	0.037	26.94	26.79	0.994

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

(c) UD 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.139	0.147	7.19	6.82	0.949
2	0.030	0.030	33.14	33.03	0.997

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第2-6表 CBの刺激係数図 (NS方向)

	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード
①	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.409$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = -0.394$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.185$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = 0.235$</p>
②	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.395$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.382$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.167$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = 0.206$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

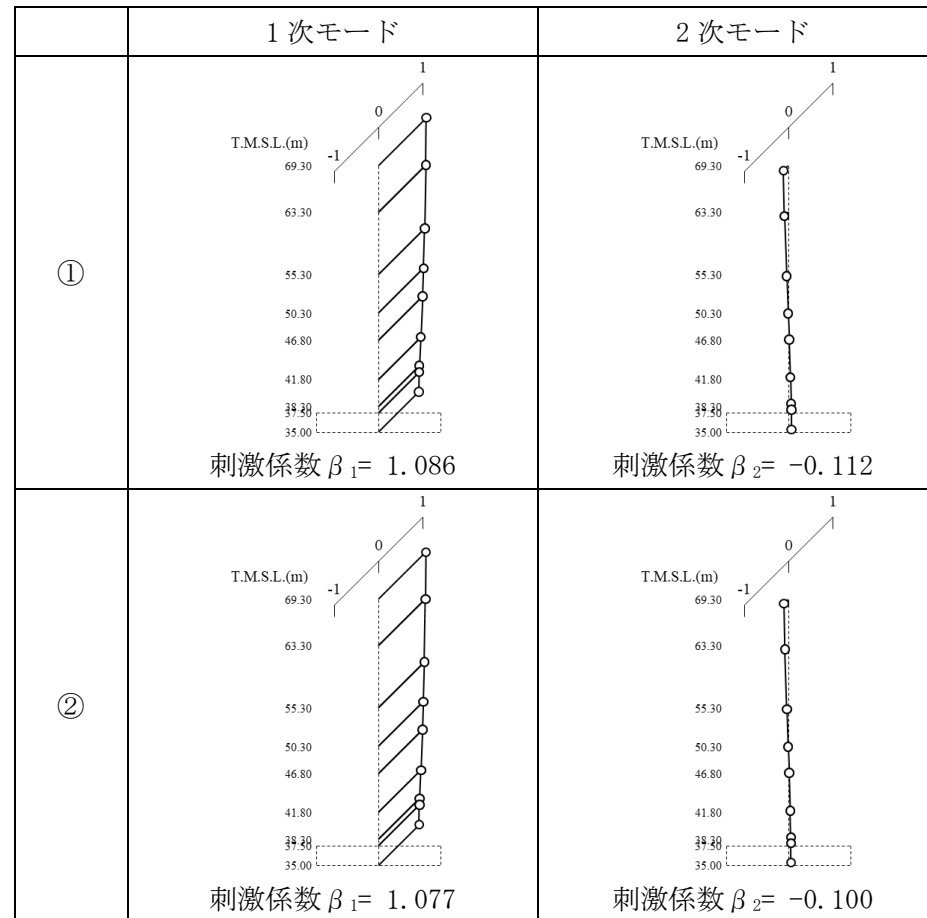
第2-7表 CBの刺激係数図 (EW方向)

	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード
①	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.376$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.406$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.080$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = 0.084$</p>
②	<p>刺激係数 $\beta_1 = 1.367$</p>	<p>刺激係数 $\beta_2 = 0.404$</p>	<p>刺激係数 $\beta_3 = -0.073$</p>	<p>刺激係数 $\beta_4 = 0.073$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-8 表 CB の刺激係数図 (UD 方向)



① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-9 表 G14 の固有値解析結果

(a) NS 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.228	0.242	4.38	4.14	0.945
2	0.121	0.129	8.30	7.75	0.934
3	0.061	0.061	16.42	16.34	0.995
4	0.044	0.044	22.75	22.74	0.9996

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

(b) EW 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.229	0.242	4.37	4.13	0.945
2	0.133	0.143	7.52	6.99	0.930
3	0.059	0.059	16.88	16.84	0.998
4	0.038	0.038	26.41	26.40	0.9996

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

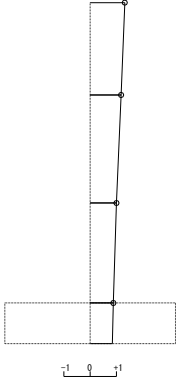
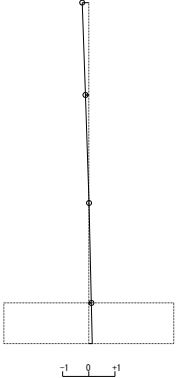
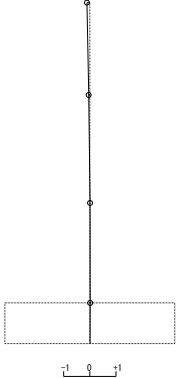
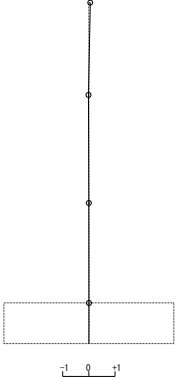
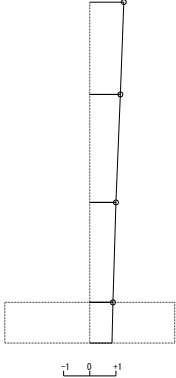
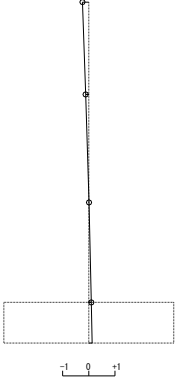
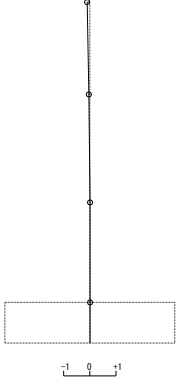
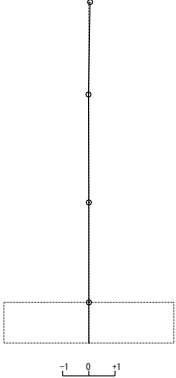
(c) UD 方向

次数	固有周期(s)		固有振動数(Hz)		
	①	②	①	②	②/①
1	0.166	0.178	6.02	5.63	0.935
2	0.028	0.028	36.36	36.34	0.999

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

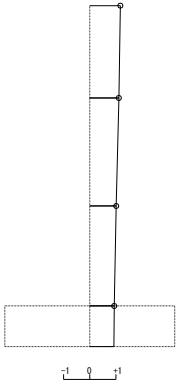
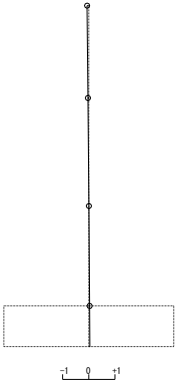
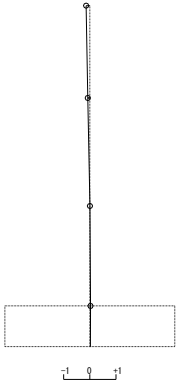
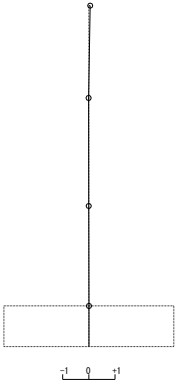
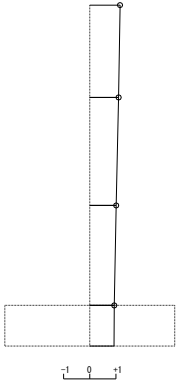
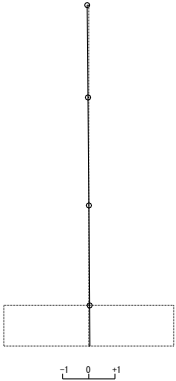
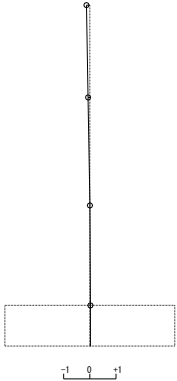
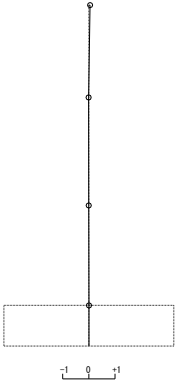
第 2-10 表 G14 の刺激係数図 (NS 方向)

	1 次モード	2 次モード	3 次モード	4 次モード
①	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.317$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.254$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_3 = -0.111$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_4 = 0.054$</p>
②	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.301$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.241$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_3 = -0.102$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_4 = 0.048$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

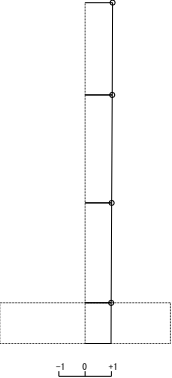
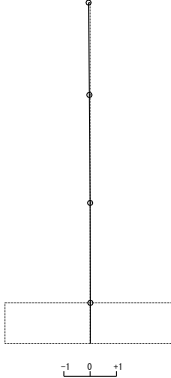
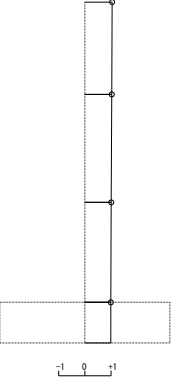
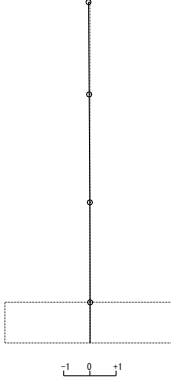
第 2-11 表 G14 の刺激係数図 (EW 方向)

	1 次モード	2 次モード	3 次モード	4 次モード
①	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.171$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.065$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_3 = -0.145$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_4 = 0.054$</p>
②	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.158$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.063$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_3 = -0.128$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_4 = 0.047$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

第 2-12 表 G14 の刺激係数図 (UD 方向)

	1 次モード	2 次モード
①	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.046$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.060$</p>
②	 <p>刺激係数 $\beta_1 = 1.040$</p>	 <p>刺激係数 $\beta_2 = -0.052$</p>

① 初期物性値

② 等価線形解析による収束物性値

別紙 2 - 3

岩盤部分の減衰定数に係る検討について

文中の下線部は令和 5 年 8 月 21 日に提出した R1 からの変更箇所を示す。

目 次

	ページ
1. はじめに	1
2. 地盤の実態を考慮したパラメータの評価方針	3
2.1 地盤の減衰定数に係る一般的・標準的な設定手法の整理	3
2.1.1 JEAG4601-2015 における設定方法	3
2.1.2 JEAG4601-1987 における設定方法	4
2.2 散乱減衰を考慮可能な手法の違いについて	9
3. 敷地における減衰定数の評価方法	10
3.1 既認可時点における評価の考え方	10
3.2 第2回申請対象施設における評価の考え方	12
3.3 敷地における減衰定数の評価方法	15
3.3.1 三軸圧縮試験による評価方法	17
3.3.2 S波検層による評価方法	17
3.3.3 地震観測記録による評価方法	18
3.3.4 岩石コア試験及び速度構造による評価方法	19
4. 三軸圧縮試験による評価結果	20
5. 敷地におけるS波検層による評価結果	27
6. 敷地における地震観測記録を用いた減衰定数の評価結果	31
6.1 地震観測記録を用いた減衰定数の評価方法	32
6.2 敷地における地震観測の概要	33
6.3 伝達関数による検討	36
6.3.1 評価に用いる地震観測記録	36
6.3.2 初期モデルの設定及び探索範囲	47
6.3.3 目的関数の設定	52
6.3.4 減衰定数の周波数依存特性の考慮	68
6.3.5 評価方法及び条件	71
6.3.6 伝達関数による評価結果	72
6.3.7 応答スペクトルによる評価結果	97

6.4	地震波干渉法による検討	106
6.4.1	評価の概要	106
6.4.2	地震観測記録のスタッキング及び評価に用いる観測記録の抽出	107
6.4.3	減衰定数の推定結果	118
6.5	速度構造の相対的な比較に基づく考察	119
7.	地盤の実態を考慮したパラメータの設定	126
7.1	地盤の実態を考慮した減衰定数の値及び周波数特性	126
7.2	地盤の実態を考慮した減衰定数の非線形性	127
8.	「基本地盤モデル」に考慮するパラメータの設定	128
8.1	「基本地盤モデル」に考慮するパラメータの設定	128
8.2	周波数依存特性を考慮しない設定の適用性	129
8.2.1	周波数依存性を考慮しない場合の減衰定数の評価	129
8.2.2	適用性の確認に係る検討方針	133
8.2.3	適用性の確認結果	134
8.3	ひずみ依存特性を考慮しない場合についての検討	142
8.4	鉛直方向の減衰定数の扱い	145
8.5	設計における保守性の観点での設定	146
9.	まとめ	147

1. はじめに

本資料は、第2回申請対象施設における地盤モデルのパラメータのうち、岩盤部分の減衰定数について、その設定の考え方を示すものである。

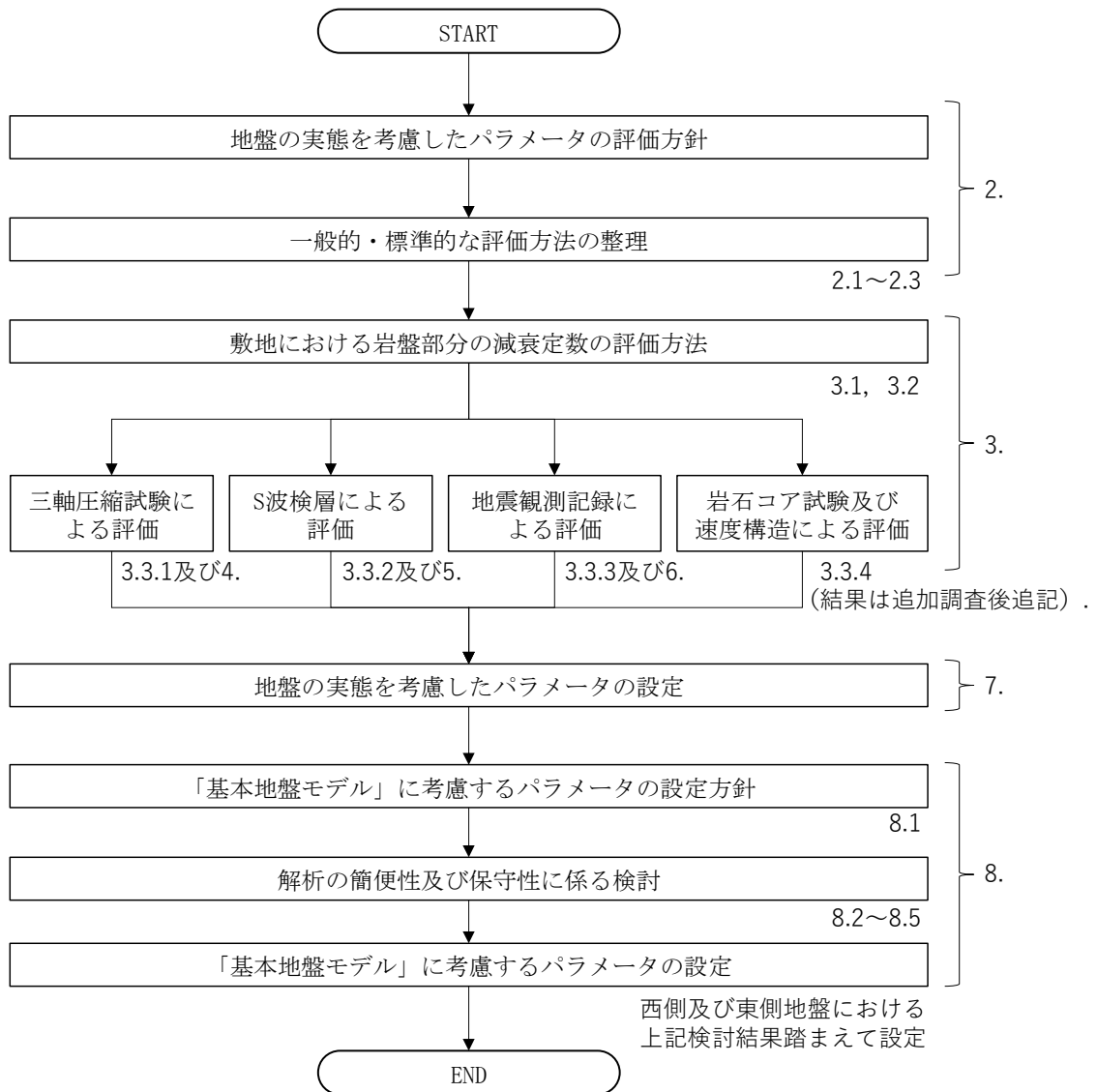
岩盤部分の減衰定数については、本文「3. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定方針」に基づき、まずは、地盤の実態を考慮したパラメータとして、敷地内にて得られている地震観測記録及び各種調査結果をよく説明するモデルとして、一般的・標準的な設定手法に基づく評価方法を用いて設定する。

その上で、また、第2回申請対象施設における「基本地盤モデル」の設定にあたり、解析の簡便性や設計上の保守性を考慮した上で、耐震設計上用いるパラメータを設定する。

上記の検討に係るフローを第1-1図に示す。

既認可時点においては、岩盤部分の減衰定数について、基準地震動 S2 時の設定値として3%としているが、今回設工認においては、地盤の実態を考慮する上で、既認可時と比較して、基準地震動 Ss が増大していることや、地盤の検討に関する知見や近年発生した地震の観測記録が得られていることを踏まえ、一般的かつ標準的な減衰定数の設定の考え方として、JEAG4601-1987 に示される複数の設定手法に基づき検討を実施した。

また、既認可時点においては、岩盤部分の減衰定数について、非線形性を考慮せず、地盤のひずみによらず一定の値を設定しているが、今回設工認においては、地盤の実態を考慮する上で、既認可時と比較して基準地震動 Ss が増大しており、岩盤部分についても非線形化により入力地震動の算定への影響が考えられることから、「別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」において整理している Ss 地震時の岩盤部分のせん断ひずみレベルに対応する減衰定数を確認し、本資料において評価した敷地地盤における減衰定数との関係性について考察を行った。



注記：図中に付す番号は本資料において対応する章番号を記載している。

第 1-1 表 検討フロー

2. 地盤の実態を考慮したパラメータの評価方針

敷地における地盤の実態を考慮した減衰定数は、規格・基準類に基づく一般的・標準的な手法を用い、地震観測記録や各種調査結果をよく説明する減衰定数の値として設定することとし、敷地において得られた各種調査データ等に基づき評価する。

2.1 地盤の減衰定数に係る一般的・標準的な設定手法の整理

岩盤部分の減衰定数の設定に係る一般的・標準的な手法である、JEAG4601-2015 及び JEAG4601-1987 に示される評価手法を整理した。

2.1.1 JEAG4601-2015 における設定方法

JEAG4601-2015 では、地盤の減衰定数の設定について、既設発電所における減衰定数の設定に係る調査に基づく慣用値が示されており、「硬岩では減衰定数として 2～3%，軟岩では 3～5%の範囲の値が用いられている」とされている。

2.1.2 JEAG4601-1987における設定方法

JEAG4601-1987では、動的解析用の地盤の物性値を定める上で、地震観測や振動試験などの動的な実現象と整合することの観点で、地盤の物性値を定めるための試験または評価手法が複数示されている。

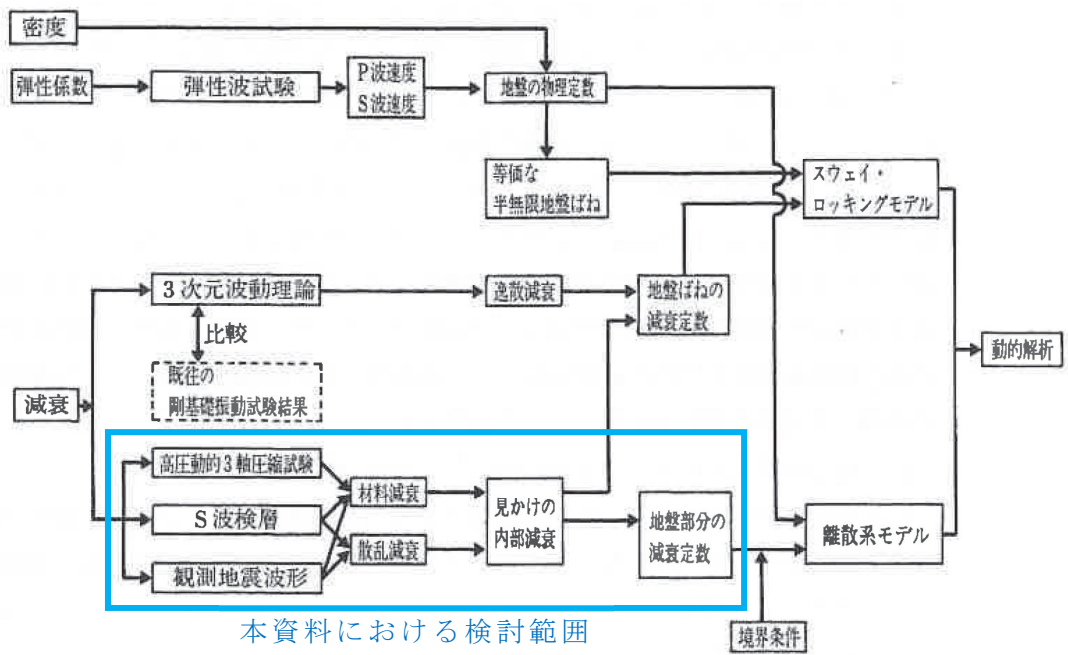
このうち、地盤の減衰定数については、高圧動的三軸圧縮試験（以下、「三軸圧縮試験」という。）、S波検層、地震観測記録に基づく3手法が示されており、それぞれの手法において着目される地盤減衰の因子（材料減衰と散乱減衰）の違いや、既往知見における評価例があわせて示されている。

また、JEAG4601-2015においても、建物・構築物の耐震設計における地震応答解析に用いる地盤の物性値の設定手法について、JEAG4601-1987と同様の3手法が示された上で、地盤の応答解析においては、材料減衰と散乱減衰を含んだものを用いるとされており、また、地震観測結果により減衰定数が算定されている場合には、その減衰定数を参考にすることができるとされている。

第2.1.2-1図に、JEAG4601-1987に記載の地盤の物性値評価のフローを示す。JEAG4601-1987では、地震応答解析において検討の対象となる地盤の減衰としては、以下の2要因が挙げられており、地盤の減衰はこれらが組み合わされたものであるとされている。

- ・材料減衰：地盤内部の非弾性的性質によるもの（ひずみ依存特性に対応）
- ・散乱減衰：地盤の不均質、不連続による境界面での反射などによる波動の逸散によるもの

あわせて、JEAG4601-1987では、(1)～(3)に示すとおり、減衰定数の評価手法についても示されており、地盤の減衰定数を評価する手法ごとに、考慮可能な地盤減衰の因子（材料減衰と散乱減衰）が異なるとされている。



第 2.1.2-1 図 地盤の物性値評価のフロー（JEAG4601-1987 に加筆）

(1) 三軸圧縮試験による評価

JEAG4601-1987において、本手法は、繰返し三軸圧縮試験により、せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を把握するものとされている。

本手法は、振動1サイクル中の最大ひずみエネルギーとその間に消費されるエネルギー、すなわち履歴減衰を評価しているものであり、地盤減衰の因子のうち、材料減衰に相当していることになる。また、ボーリングコアから得られた供試体を用いた試験によるものであることから、原位置における地盤の不均質・不連続による散乱減衰は考慮されていない。

なお、この手法により評価された減衰定数は、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」に示している、敷地における三軸圧縮試験結果に基づく岩種ごとのひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）に対応するものである。

また、地盤の実態を考慮したパラメータの設定にあたり、表層地盤の減衰定数については、 S_s 地震時に生じる表層地盤のひずみは大きくなると考えられ、散乱減衰よりも材料減衰による寄与が大きくなると考えられることから、本文に示すとおり、三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）のみを考慮することとしている。

(2) S波検層による評価

JEAG4601-1987において、本手法は、ボーリング孔において実施したS波検層の記録波形のうち、直達波と判断される部分の振幅の変化率に基づき、振動数ごとに求めた見かけ上の減衰から、地盤のモデルより求めた幾何減衰及び境界面での反射等による影響を差し引くことで、地盤のモデル上寄与しない薄層や亀裂の影響も含まれた減衰量を評価するものとされている。

このことから、S波検層による評価は、材料減衰と散乱減衰の両方が含まれた減衰定数を評価可能な手法である。

ただし、石田他(1987)*によれば、S波検層による評価は、一般に地震時に比べて、検層時の地盤のひずみレベルが小さく、ターゲットとなる卓越振動数が数十～百数十 Hz レベルであるとされている。

注記 * : 石田他「室内試験, S波検層および観測地震動に基づく地盤の減衰評価」

第15回地盤振動シンポジウム, 日本建築学会, 1987. 8. 27

(3) 地震観測記録による評価

JEAG4601-1987において、本手法は、観測された地震動波形について、「(2) S波検層による評価」と同様、直達波と判断される部分を取り出し、応答波の入射波に対する比から減衰評価を行うものとされている。また、各種の複雑な波動現象（「(2) S波検層による評価」にて述べた地盤のモデル上寄与しない薄層や亀裂の影響を含む）を含んだ状態における等価な減衰定数を評価可能とされている。

このことから、地震観測記録による評価は、材料減衰と散乱減衰の両方が含まれ、さらに、実地震の複雑な伝播経路等を踏まえた、実態に近い減衰定数を評価可能な手法である。

石田他（1987）によれば、地震観測記録による評価は、S波検層による評価と比較してターゲットとなる卓越振動数が低周波側にあり、数～数十 Hz レベルとされている。

なお、地震観測記録を用い、その位置ごとの比率を用いて減衰定数を含む地盤のパラメータを評価する手法については、基準地震動 S_s の策定に係る検討において、敷地における地震観測記録を一次元波動論に基づく基盤波を計算するための地盤モデル（以下、「はぎとり地盤モデル」という。）の作成を行う上で、当社事業変更許可及び他サイトにおける実績が多数存在する。

2.2 散乱減衰を考慮可能な手法の違いについて

S波検層による評価及び地震観測記録による評価については、いずれも原位置において測定あるいは観測された実態波データを用いて、材料減衰及び散乱減衰を含めた減衰量の総和を算定する手法である。建物・構築物の入力地震動を算定するための減衰定数を求めることに着目し、S波検層及び地震観測記録の手法の違いについて以下に整理した。

- ・ 両手法において評価に用いるデータの特徴を踏まえると、地震観測記録については広い周波数領域の振動成分を含む地震観測記録（建物・構築物の主要固有周波数帯（数 Hz オーダー））に対して同定が可能であり、基準地震動の策定等に係る他サイトにおける適用実績が豊富である。これに対し、S波検層による評価は、加振方法により対象周波数が限られるものの、任意のボーリング調査位置において測定が可能であり、他サイトにおける適用実績も有している。
- ・ なお、一般的に、地盤の減衰定数については周波数依存性を有しており、高振動数側で減衰定数が小さくなる傾向であることから、S波検層のように、高振動数側をターゲットとした場合には、地盤全体の減衰定数を小さく評価する可能性がある。
- ・ 地震観測記録を用いた手法は、当社事業変更許可及び他サイトにおけるはぎとり地盤モデルの作成において適用実績のある手法である。
- ・ 敷地における地震観測記録では、S波検層における加振波の振幅に対して大振幅の波形が得られており、減衰定数の評価にあたり、深さ方向に異なる観測点間の振幅の比率を評価する上で、各周波数成分における特徴を明瞭に確認することができる。

3. 敷地における減衰定数の評価方法

3.1 既認可時点における評価の考え方

以下に示すとおり、既認可時点における減衰定数の評価に対し、「2.1.2 JEAG4601-1987における評価方法」にて整理した JEAG4601-1987 と同様の手法を用いた減衰定数の評価実績があるか確認を行った。

既認可時点においては、以下の文献調査並びに検討に基づいて地盤の減衰定数を設定している。

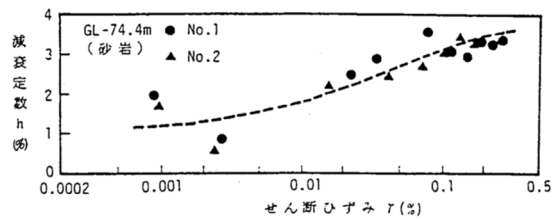
- ・ 嶋ほか（1983）の知見において、いわき地点の砂岩における減衰定数の評価結果として、第 3.1-1 図に示すとおり、高圧動的三軸圧縮試験結果より、低ひずみ領域では減衰定数が 1～2%，ひずみ 0.1% 付近では 3% となっていること、また、S 波検層や地震観測記録に基づく減衰定数の評価手法によっては、それよりも大きな値（最大 8% 程度）として評価されていること。
- ・ 中村他（1990）において、富岡地点における泥岩層での Q 値の検討が行われており、下式に示す Q 値の周波数依存性の関係に対し、 $n=1.0$ 、 $\alpha=200$ とした場合に、地震観測記録と整合することが示されていることから、敷地における泥岩層（ $V_s=800\text{m/s}$ ）の減衰定数を算定した結果、建屋の固有振動数（2.5Hz～5Hz）の領域では $h=2\%$ を上回る値となること。

$$Q = V_s \cdot f^n / \alpha \quad (h = 1/2Q)$$

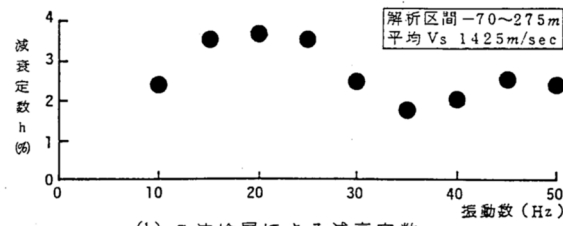
$$\left(\begin{array}{l} Q : Q \text{ 値} \\ h : \text{減衰定数} \\ V_s : S \text{ 波速度} \\ f : \text{周波数} \\ n, \alpha : \text{係数} \end{array} \right)$$

以上を踏まえ、既認可時点においては、敷地や施設の特徴に配慮した考え方に基づき設定を行っており、設計上考慮する地震動レベル及び建屋の固有振動数を考慮すると、基準地震動 S1 に対しては 2%，基準地震動 S2 で 3% とすることは妥当としている。

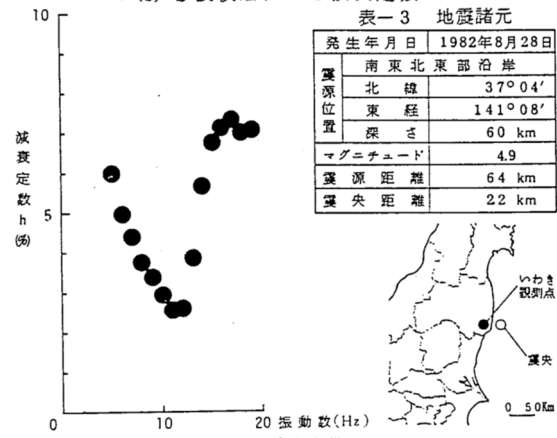
以上のことから、既認可時点においては、JEAG4601-1987 に示される手法に基づき、直接敷地において減衰定数を評価した実績は無いものの、JEAG4601-1987 に示される手法に基づく国内の各種試験結果を敷地に適用した確認を行うことにより、地盤の減衰定数を設定している。



(a) 高圧動的三軸圧縮試験による減衰定数



(b) S波検層による減衰定数



(c) 観測地震による減衰定数

第 3.1-1 図 嶋ほか (1983) におけるいわき地点の減衰定数の評価結果 (嶋ほか (1983) より抜粋)

3.2 第2回申請対象施設における評価の考え方

岩盤部分の減衰定数の設定に当たっては、上述の JEAG4601-1987 に示される手法を用いて評価を実施する。

補足説明資料本文「3. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの設定方針」に示したとおり、地盤の実態を考慮したパラメータの設定にあたっては、既認可以降に生じた状態変化を鑑みて設定することとしている。岩盤部分の減衰定数の設定にあたり、各状態変化を踏まえて必要と考える視点を以下に示す。

①敷地における地下構造の特徴を適切に反映する。

- ・敷地地下の地質構造や速度構造の特徴、実現象との整合性の観点で評価を行う。

②基準地震動 S_s が増大したことを踏まえた影響を適切に反映する。

- ・減衰定数の非線形性（ひずみ依存特性（ $h - \gamma$ 曲線）を適切に評価する。
- ・その上で、減衰定数の設定において S_s 地震時の地盤のひずみ量を踏まえて減衰定数の非線形性の考慮要否を適切に判断する。

③最新のデータを用いて評価する。

- ・敷地において得られている最新の地震観測記録・ボーリング調査結果を用いる。
- ・建物・構築物が広範囲に拡がりを持って配置されるサイトであることや敷地内の地下構造の特徴を踏まえ、十分な量のデータを用いる。

「2.1.2 JEAG4601-1987 における評価手法」に示したとおり、JEAG4601-1987 には、3種類の減衰定数の評価手法が示されていることを踏まえ、第3.2-1表に示すとおり、各手法に対する、敷地における地盤の実態を考慮したパラメータの設定に係る検討内容を整理した。

また、検討内容の整理とあわせて、客観的な視点に基づき設定方法を選定する観点で、これまでの新規制基準における各社地下構造に係る審査における、他サイトにおける減衰定数の設定実績を整理した。

他サイトの設工認における実績としては、地下構造の特徴として軟岩を主体としており、解放基盤表面から建物基礎底面までの地震動の伝播を考

慮して入力地震動を設定しているサイト（東海第二及び柏崎刈羽 6,7 号）を参照した。

また、地盤の減衰定数に係る議論については、他サイト各社の設置変更許可申請においても詳細な議論がなされていることから、至近に審査会合が行われている玄海 3,4 号、また、当社敷地との類似性を踏まえ、地下構造の特徴として軟岩を主体としているサイト（東海第二及び大間サイト）における設置変更許可の審査実績についても参照した。

第 3.2-1 表 地盤の実態を考慮したパラメータの設定に係る検討内容

手法	検討内容	3.2.1 に示した視点①～③を踏まえた留意事項	検討内容	実施サイト (設工認)	実施サイト (設置許可)	
JEAG4601-1987 に基づく方法	三軸圧縮試験による方法	ひずみ依存特性 (h- γ) の評価	①敷地に分布する岩種ごとの試験結果に基づき評価することで敷地地下の地質構造や速度構造の特徴を反映。 ②岩種ごとのひずみ依存特性 (h- γ) として、非線形性を考慮可能。 ③地盤モデルに考慮する岩種を網羅的に評価する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験による方法による岩盤種別ごとのひずみ依存特性 (h-γ 関係) の整理を行う。 Ss 地震時の非線形の度合いに対し、非線形化が入力地震動の算定結果に影響を及ぼす可能性に配慮した確認を実施する必要があると判断。 	東海第二 柏崎刈羽 6.7 号	—
	S 波検層による方法	ボーリング孔内減衰測定による検討	①敷地における各位置のボーリング調査における原位置試験により敷地地下の地質構造や速度構造の特徴を反映。 ②加振時の振幅が小さいため、線形状態における減衰定数を評価することとなる。 ③敷地内において十分な量のデータに基づいて検討を行う必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 施設の固有振動数よりも高振動数側をターゲットとした評価ではあるが、先行発電炉における実績があることから、本方法による減衰定数の評価結果を確認する。 確認にあたっては、測定結果に見られる周波数依存特性の特徴を踏まえ、施設の固有振動数帯における減衰定数との関係性について考察を行う。 ただし、留意事項③に照らし、現時点において敷地内で得られているデータは中央、西側、東側地盤の各 1 地点ずつ計 3 地点のみであることから、さらなる確度の向上のために、データの拡充を行う。 	—	玄海 3, 4 号 東海第二 大間
	地震観測記録による方法	伝達関数 (周波数依存型) による検討	①敷地において得られている地震観測記録により評価することで、実現象との整合性を考慮。 施設の固有振動数に近い帯域をターゲットとして評価可能。 ②地震観測記録が小さい場合、線形状態における減衰定数を評価することとなる。 ③最新の地震観測記録を用いる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 事業許可におけるはぎとり地盤モデルを作成する際に、周波数依存型の減衰定数を考慮し、実現象をよく説明する地盤モデルとして作成済み。 ただし、はぎとり地盤モデルは、留意事項③に照らし、西側、東側地盤において用いている地震観測記録が現時点において最新ではない (地震観測位置の移設 (2008 年) 後の情報は含まれていない) との課題があることから、最新の地震観測記録を用いた評価を今回改めて実施する必要があると判断。 	—	玄海 3, 4 号 東海第二 大間
		伝達関数 (バイリニア型) による検討	①敷地において得られている地震観測記録により評価することで、実現象との整合性を考慮。 施設の固有振動数に近い帯域をターゲットとして評価可能。 ②地震観測記録が小さい場合、線形状態における減衰定数を評価することとなる。 ③最新の地震観測記録を用いる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 事業許可における深部地盤モデルを作成する際に、解放基盤表面～地震基盤までの増幅特性を考慮するための地盤モデルとして、バイリニア型の減衰定数を設定した実績がある。 ただし、解放基盤表面～建屋基礎底面の岩盤部分については本条件での評価は実施していないことから、上記周波数依存型及びこれまで説明している周波数依存性無しの条件に加え、さらに多角的な検討を行う観点で、今回実施する必要があると判断。 	—	玄海 3, 4 号 大間
		地震波干渉法による検討	①敷地において得られている地震観測記録により評価することで、実現象との整合性を考慮。 施設の固有振動数に近い帯域をターゲットとして評価可能。 ②地震観測記録が小さい場合、線形状態における減衰定数を評価することとなる。 ③最新の地震観測記録を用いる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> 他サイトにて実績はあるが、敷地においてこれまで未実施であったことから、速度構造の仮定によらず減衰定数を評価可能な手法として、新規に実施する必要があると判断。 鉛直アレー観測記録に Fukushima et al. (2016) に基づく地震波干渉法を適用し、評価を実施する。 	—	玄海 3, 4 号
		伝達関数による確認	減衰定数の評価ではなく、地震観測記録を用いて評価した値に対しての実現象との整合性の観点での考察に該当。	<ul style="list-style-type: none"> 上記 3 手法により評価した減衰定数について、実現象との整合性を確認するために、観測記録による伝達関数と評価した減衰定数に基づく伝達関数の比較結果を踏まえた考察を実施する。 	—	玄海 3, 4 号
		応答スペクトルによる確認	減衰定数の評価ではなく、地震観測記録を用いて評価した値に対して、耐震設計において地盤応答解析により入力地震動を算定する上での位置づけの観点での考察に該当。	<ul style="list-style-type: none"> 上記 3 手法により求められた減衰定数に基づく地盤応答の応答スペクトルを算定し、地震観測記録の応答スペクトルとの比較を実施し、その結果を踏まえた考察を実施する。 	—	玄海 3, 4 号
その他	岩石コアを用いた減衰測定による確認	JEAG に示される評価ではないが、他サイトにおいて地震観測記録を用いた手法によりデータが得られない最深部地震計以深の減衰定数の設定根拠として実施されている実績がある。	<ul style="list-style-type: none"> 他サイト実績において、いずれの手法においても、減衰定数の値の直接的な根拠ではなく、地震観測記録が得られていない深部における減衰定数を設定する上で、地震観測記録が得られている浅部との地下構造の相対関係の確認を目的として実施しているもの。 岩石コア試験については、三軸圧縮試験結果における材料減衰との整合性や、その他の評価または調査結果との整合性を確認し、これらによる評価の確度を向上することを目的に、データの取得を実施していく。 速度層断面については、岩盤部分の物性値等により整理されるため、ここで整理された速度層の各 Gr における傾向と、上記評価並びに調査結果の対応を確認する。 	—	玄海 3, 4 号	
	速度層断面による検討	減衰定数の評価ではなく、他サイトにおいて地震観測記録を用いた手法によりデータが得られない最深部地震計以深の減衰定数の設定根拠として実施されている実績がある。		—	玄海 3, 4 号	

3.3 敷地における減衰定数の評価方法

「3.2 第2回申請対象施設における評価の考え方」に示した手法を用い、敷地における岩盤部分の減衰定数について、以下に示す方針により、地盤の実態を考慮した減衰定数を決定する。

本検討において実施する評価手法について、各評価手法において評価される値の物理的な意味合いを踏まえ、地盤の各深さにおける位置付けを第3.3-1表に整理して示す。それぞれの具体的な考え方については、3.3.1～3.3.4の各章にて示す。

設定にあたっては、「3.2 第2回申請対象施設における評価の考え方」に示した手法による評価結果を踏まえ、各手法において評価される減衰定数の物理的な意味合い、信頼区間及び施設の耐震設計に対して寄与の大きい周波数帯を踏まえて適切な値を設定する。

第 3.3-1 表 各深さにおける評価手法の位置付け

	材料減衰	材料減衰+散乱減衰	備考
▼地表			
表層地盤	<p>以下の理由から、三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性 ($h-\gamma$) を設定。</p> <ul style="list-style-type: none"> Ss地震時の表層地盤の非線形化による材料減衰の増大の寄与が大きい 	<p>以下理由から散乱減衰は考慮しない</p> <ul style="list-style-type: none"> Ss地震時の表層地盤の非線形化による材料減衰の寄与が大きい 解放基盤以浅の地盤全体の中で層厚の占める割合が小さく、散乱の効果が相対的に小さいと考えられる 	—
▼建屋基礎底面レベル相当			
岩盤部分	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性 ($h-\gamma$) 岩石コア試験による確認 <p>S波検層データの追加取得とあわせて実施。上記三軸圧縮試験において評価される材料減衰との比較や、他手法により求められる減衰定数について、位置・深さによる相対的な違いに対する考察に用いる。</p> <p style="text-align: center;">今後データ取得</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録による方法 ⇒伝達関数(周波数依存型)による検討 ⇒伝達関数(バイリニア型)による検討 ⇒地震波干渉法による検討 S波検層による方法 <p style="text-align: center;">今後データ追加</p>	<ul style="list-style-type: none"> 伝達関数による評価について、<u>実現象をよく説明する減衰定数を評価する観点で周波数依存性を考慮した方法について実施。</u> S波検層による方法について、敷地内中央・西側・東側地盤の3地点におけるデータに加え、各Grにおけるデータを追加取得する。
解放基盤表面 ▼ (G. L. -125m)			
解放基盤表面以深	解放基盤表面レベルと同じ減衰定数が続く設定とする。	解放基盤表面レベルと同じ減衰定数が続く設定とする。	<ul style="list-style-type: none"> 入力地震動の算定時においては解放基盤表面以深を半無限層として設定。 岩盤部分の物性値の設定と整合した設定。

本資料における
設定範囲

3.3.1 三軸圧縮試験による評価方法

本手法による評価結果については、材料減衰並びにその非線形特性を考慮したものであり、敷地における散乱等による減衰は考慮されない。

また、実現象を踏まえると、地盤の減衰定数の非線形特性は、地盤のひずみが大きくなるほど、減衰定数が大きくなる傾向を示すことから、地盤のひずみが大きい領域においては材料減衰が支配的となり、地盤のひずみが小さい領域においては、全体の減衰定数に対する材料減衰の寄与は小さくなり、散乱減衰が支配的となる。

これらの特徴を踏まえ、敷地内のボーリング調査結果により得られた試験体による三軸圧縮試験結果の基づくひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）の結果を確認する、

3.3.2 S波検層による評価方法

「2.1.2 JEAG 4601-1987における設定方法」に示したとおり、地盤の応答解析においては、材料減衰と散乱減衰を含んだものを用いるとされており、本手法は、その両方を含んだ値として、実現象に適合した評価方法である。

本評価は、地震観測記録による評価と同様に、敷地における地盤の内部を伝播・反射する波動データを分析することで減衰定数を評価することが可能であり、評価に用いる地震動の観測状況に左右される地震観測記録による評価に対して、任意の場所または時点における評価が可能な方法である。

減衰定数の値の評価にあたっては、広い範囲の周波数成分の情報を含んだ実地震ではなく、起振車等による加振波の測定データに基づく方法であることから、試験条件を確認の上、適切に周波数の信頼区間を確認した上で、敷地内の岩盤における実測値としての減衰定数及びその周波数依存特性について評価する。

3.3.3 地震観測記録による評価方法

「2.1.2 JEAG4601-1987における設定方法」に示したとおり、地盤の応答解析においては、材料減衰と散乱減衰を含んだものを用いとされているが、本手法は、その両方を含んだ値を評価可能であり、敷地における地盤の内部を伝播・反射する地震動データを分析することで、実現象に適合した値を評価可能な方法である。

地震観測記録による評価にあたっては、当社事業許可及び他サイトにおける実績を踏まえ、敷地内における鉛直アレー地震観測記録による深さ方向の伝達関数を再現する地盤の減衰定数を同定する。

地盤の実態を考慮した減衰定数を同定する上では、地盤の減衰定数については周波数依存特性を有するとの知見があることから、リニア型の周波数依存特性を考慮した評価を実施する。

また、多角的な検討として、周波数依存特性を考慮する上では、第3.2-1表に示したとおり、他サイトにおいてバイリニア型の周波数依存性を考慮していることから、この条件を考慮した場合の減衰定数についても同定を実施する。

地震観測記録による評価においては、第3.2-1表に示したとおり、伝達関数と応答スペクトルの両方の観点からの確認により、地震観測記録との整合性の観点で行う。

また、他サイト実績を踏まえ、地震波干渉法による評価も合わせて実施する。地震波干渉法は、複数の地震観測記録から、地表までの上昇波と、地表で反射した下降波の傾向を捉え、その差を分析することにより地盤の減衰定数を評価する方法である。

地震波干渉法は、上昇波と下降波の傾向を明確に捉える上で、周波数の信頼区間を適切に定める必要があることから、これに留意した上で、上記の伝達関数による検討によって評価された減衰定数との整合性を確認する。

3.3.4 岩石コア試験及び速度構造による評価方法

これまで当社敷地において、本手法による試験は実施されていないが、他サイト実例における実績があることから、確度向上のための取り組みとして、今回実施するS波検層データの追加取得とあわせて実施する。

本手法による試験方法の特性上、弾性領域における材料減衰について考慮したものであることから、他サイト実例においては、上記の地震観測記録による評価またはS波検層による評価により評価される、散乱減衰と材料減衰の両方が含まれた減衰定数の値とは異なる値として評価される。

このことから、本手法による試験結果については、同じ物理的な意味合いをもつ三軸圧縮試験による評価結果における弾性領域における材料減衰とに対しての整合性の確認に用いる。また、三軸圧縮試験による評価結果が岩盤分類ごとに整理されたものであることを踏まえ、コア試験結果を用いてボーリング調査位置ごとの傾向を分析する。

あわせて、上述の地震観測記録による評価及びS波検層による評価より得られる減衰定数の評価結果に対し、平面方向または深さ方向における相対的な差分を分析する。これらの分析にあたっては、「別紙2-1 岩盤部分の物性値等の設定について」にて設定した速度構造のGr間の違いとの対応も踏まえた考察を行う。

なお、速度構造の違いとの対応を踏まえた考察については、「3.3.3 地震観測記録による評価」に示した方法により評価された減衰定数の値に対し、敷地内の地震観測点間の相対的な速度構造の違いとの対応を踏まえた考察にも用いる。

岩石コア試験結果については、現時点において当社においてデータを有していないことから追加調査にて実施することとする。岩石コアを用いた弾性波速度検層の計画及び実施内容の詳細については、「参考1 岩盤部分の減衰定数の設定に係る追加調査」に示す。

本章における岩石コア試験及び速度構造による評価については、 今後追加調査を実施し、その結果を追加する。
--

4. 三軸圧縮試験による評価結果

JEAG4601-1987 に示される方法のうち、三軸圧縮試験による方法については、地盤の材料減衰を主とした方法である。

敷地においては、事業変更許可申請における「添付書類六 4. 地盤」* において、敷地地下に分布する岩盤種別ごとに三軸圧縮試験による方法の結果に基づくひずみ依存特性が設定されている。

ひずみ依存特性は、地盤のせん断ひずみが大きくなるほど減衰定数が増大するとの特徴を示したものであり、地震時の非線形性を表すものである。

三軸圧縮試験については、地盤の剛性がせん断ひずみに応じて低下するとの非線形性についてもあわせて評価されている。

岩種ごとに評価されているひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）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」に示している。

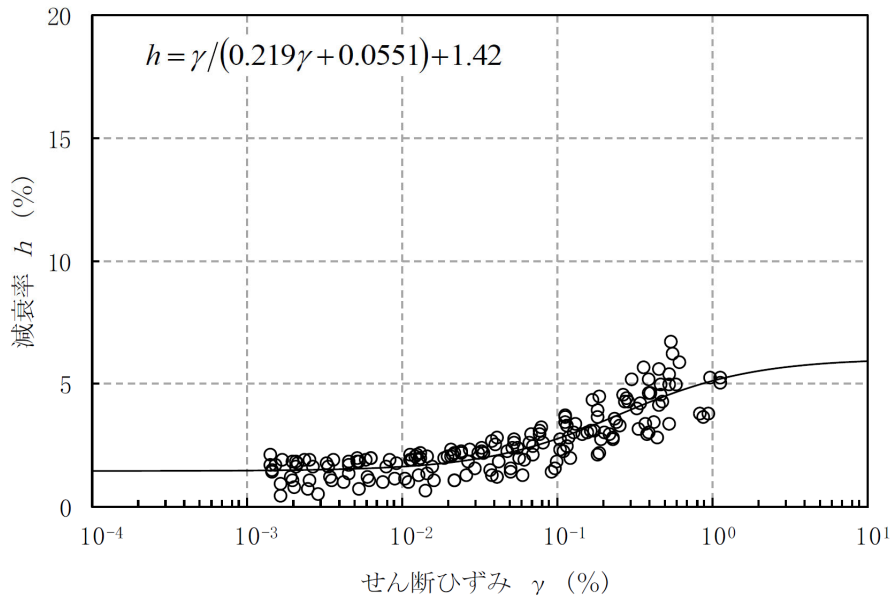
第 4-1 図～第 4-12 図に、敷地内の岩盤部分を構成する岩種ごとのひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）を示す。

第 4-1 図～第 4-12 図に示したひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）に示されるとおり、 $h-\gamma$ 曲線は、岩盤種別ごとに、試験結果から得られたデータに対し双曲線型の近似式で表されている。敷地内の岩盤はいずれの岩種においてもデータのばらつきは小さく、適切な設定となっている。

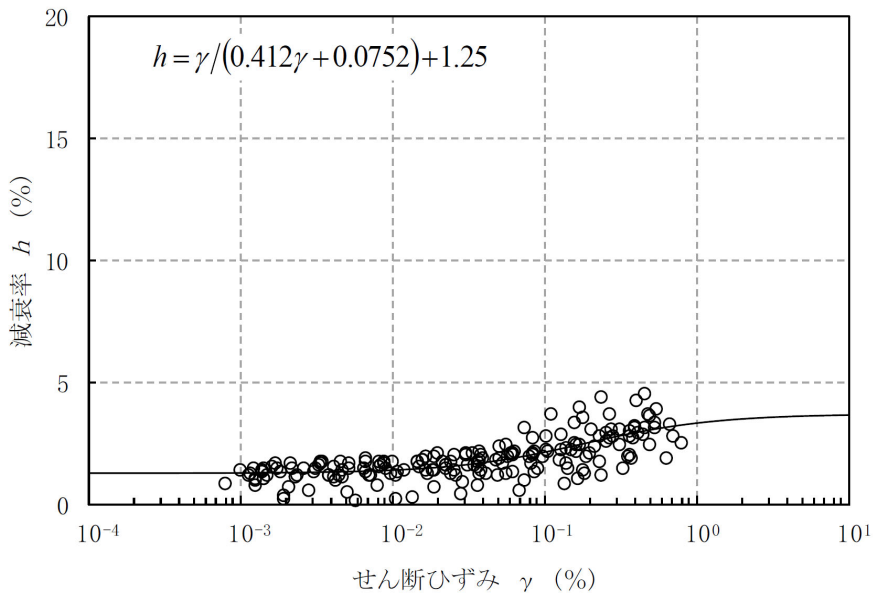
また、いずれの岩種においても、岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）については、地盤のせん断ひずみが 10^{-2} 程度までは非線形化による減衰定数の変動は小さく、 10^{-2} よりも大きい範囲において減衰定数が増大する傾向となっている。

なお、三軸圧縮試験データについては、ボーリング孔中の各深さにおける試体に対する試験結果で構成されるが、上記のとおり $h-\gamma$ 曲線に対して全体としてデータのばらつきは小さいことから、岩盤分類ごとに深さ方向の材料減衰の違いは有意なものでは無いと考えられる。

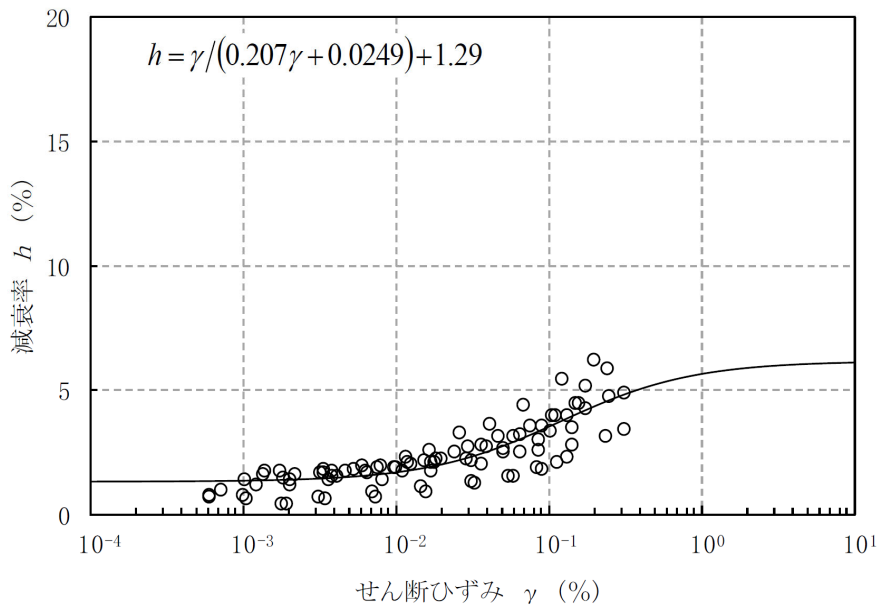
注記 *：事業変更許可の引用部分については、当社事業間で記載内容に差が無いことから、再処理施設事業変更許可申請書における章を代表として記載。



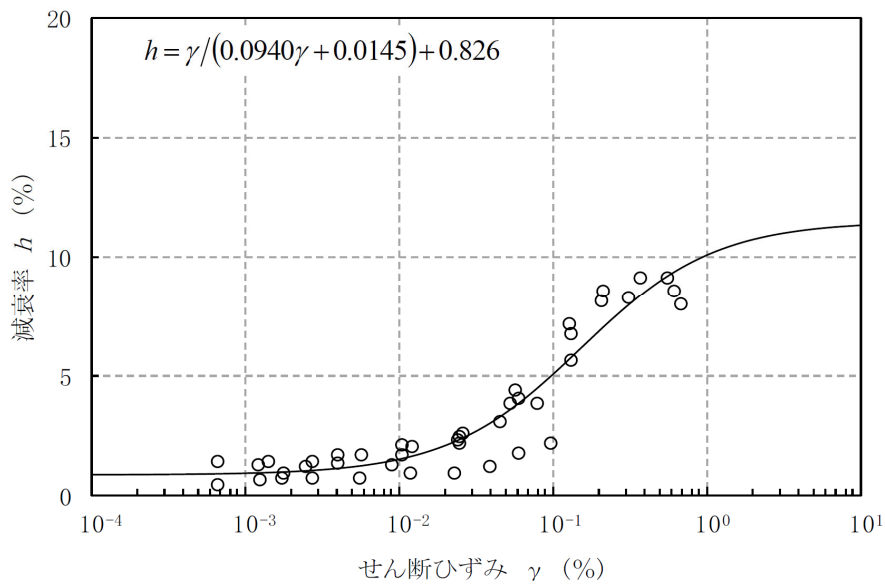
第 4-1 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (上部層))



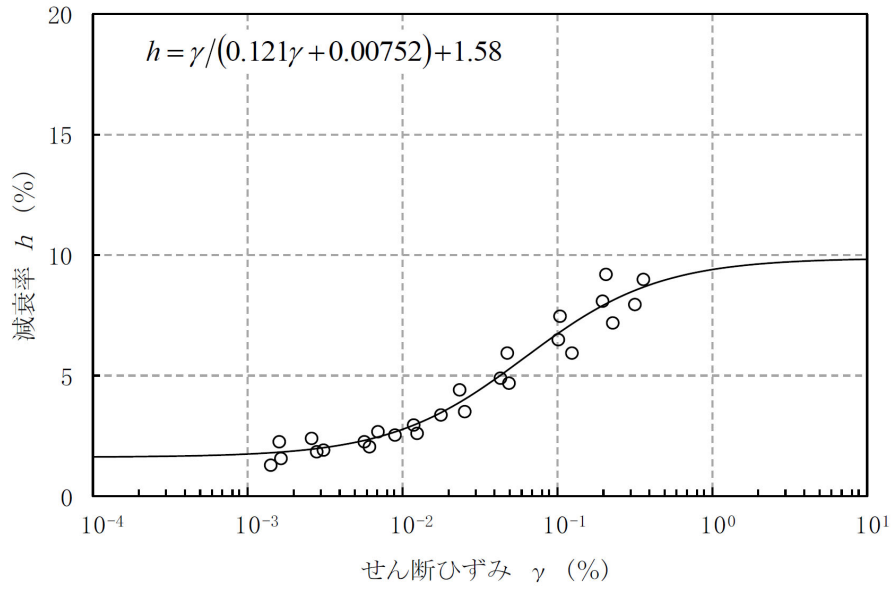
第 4-2 図 ひずみ依存特性 (泥岩 (下部層))



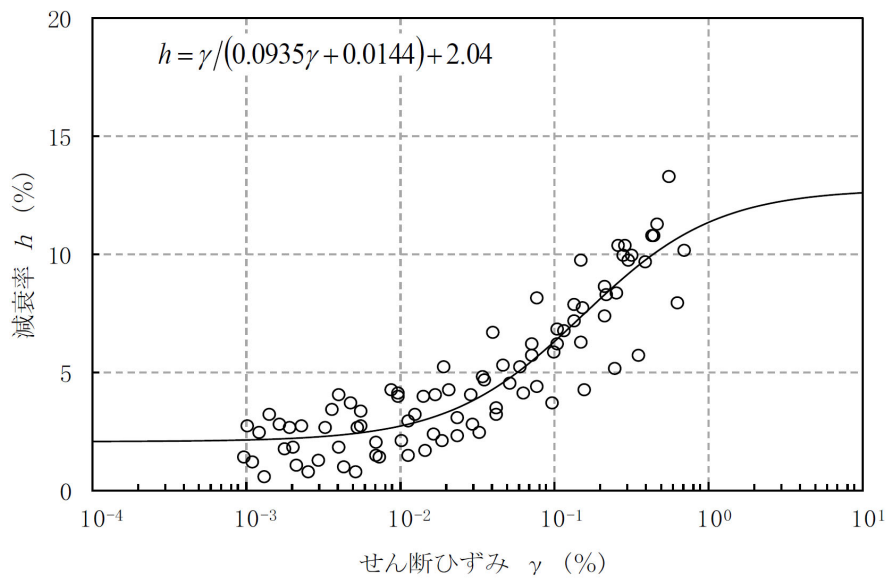
第 4-3 図 ひずみ依存特性 (細粒砂岩)



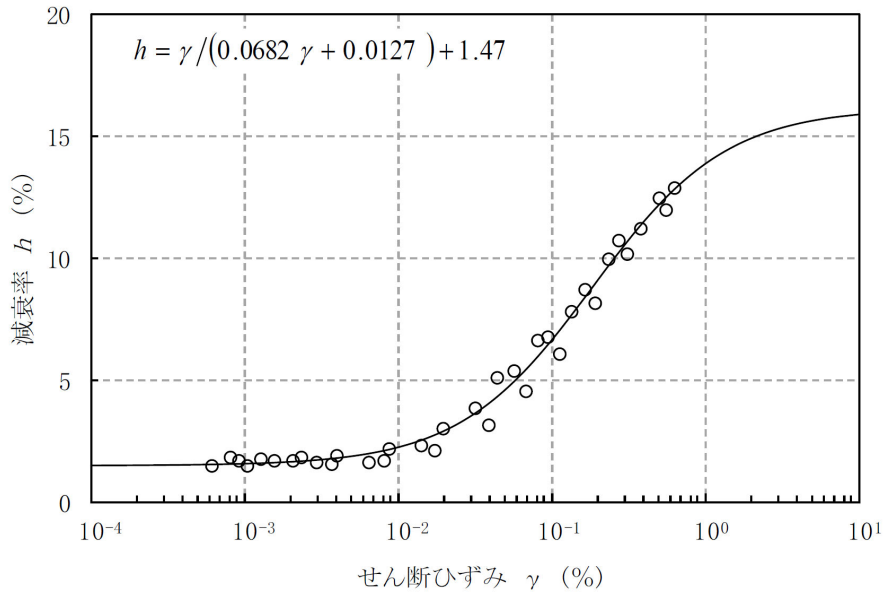
第 4-4 図 ひずみ依存特性 (軽石質砂岩)



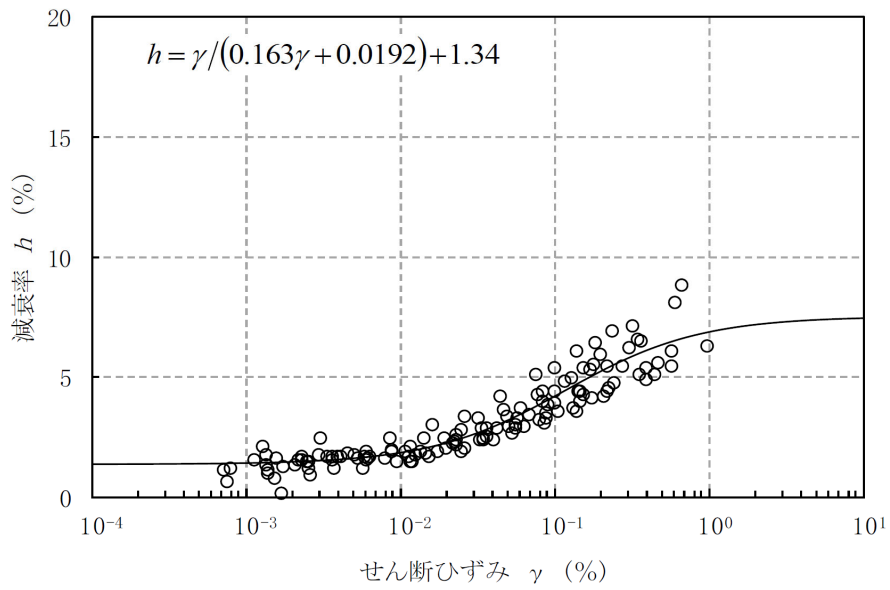
第 4-5 図 ひずみ依存特性 (粗粒砂岩)



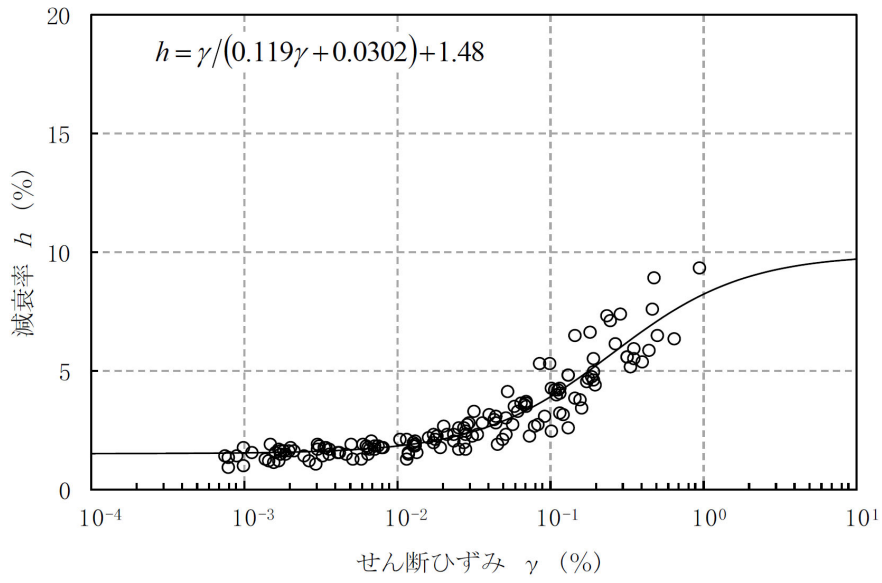
第 4-6 図 ひずみ依存特性 (砂岩・凝灰岩互層)



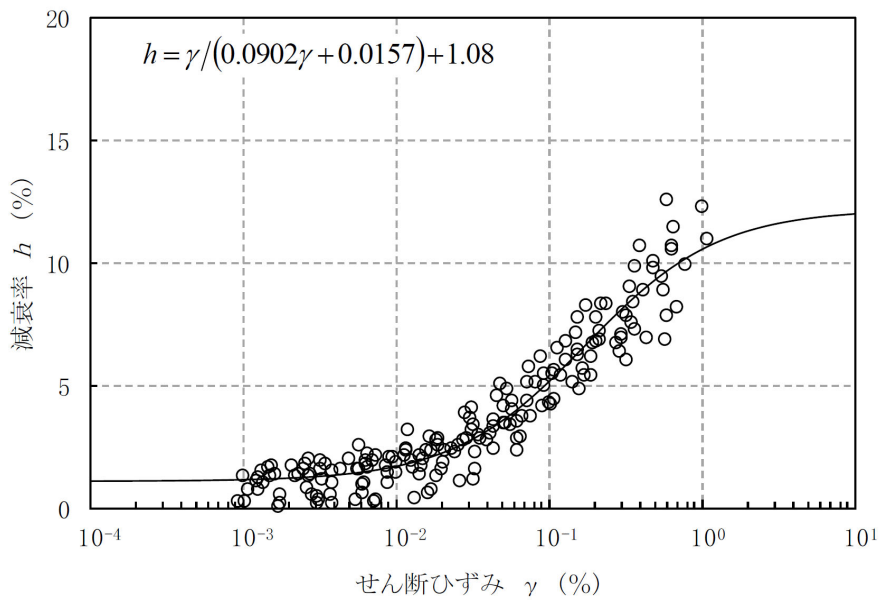
第 4-7 図 ひずみ依存特性 (凝灰岩)



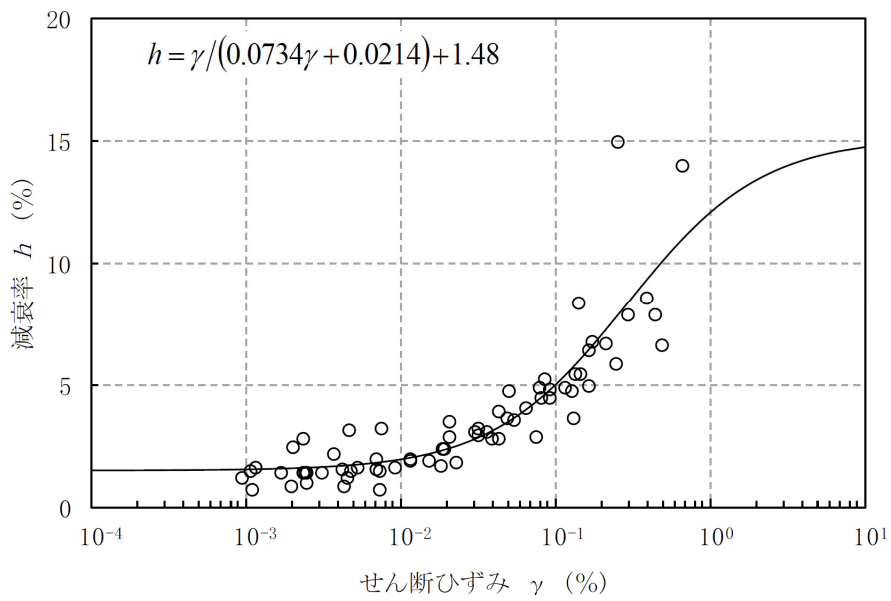
第 4-8 図 ひずみ依存特性 (軽石凝灰岩)



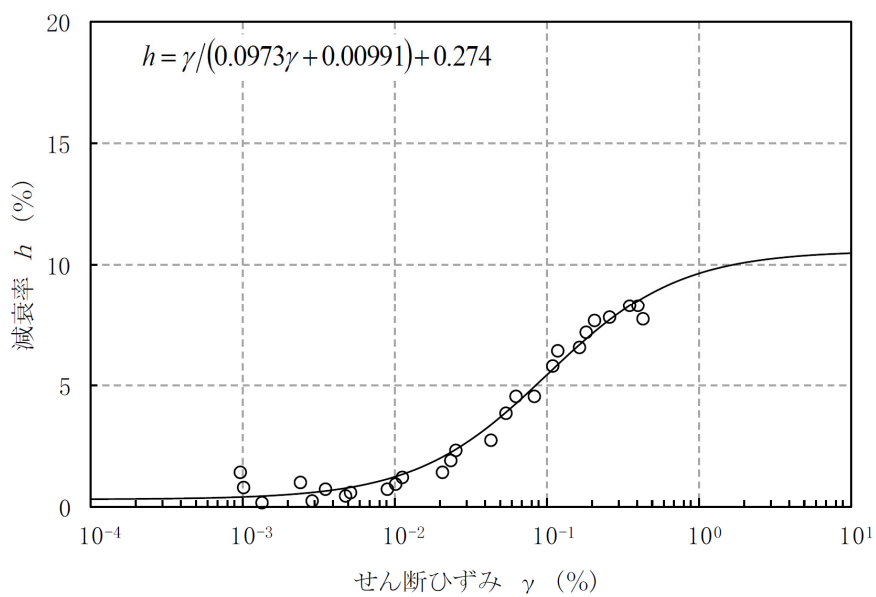
第 4-9 図 ひずみ依存特性 (砂質軽石凝灰岩)



第 4-10 図 ひずみ依存特性 (礫混り砂岩)



第 4-11 図 ひずみ依存特性 (軽石混り砂岩)



第 4-12 図 ひずみ依存特性 (礫岩)

5. 敷地における S 波検層による評価結果

敷地において、過去のボーリング調査時に、第 5-1 図に示す敷地内の 3 地点（J-T 孔，L-T 孔，E-T 孔）において、PS 検層に基づく減衰定数の評価が行われていることから、当該位置における評価結果について整理した。上記 3 地点については、本文「5.1.1 地質学的に見た敷地内の地質構造」に示したとおり、敷地内の岩盤は f-1 断層と f-2 断層を境界として、大局的に、敷地内の西側，中央，東側の 3 つの地盤に区分され、それぞれの地盤において、地質構造は緩い傾斜はあるものの、概ね水平であるとしていることに対し、区分されたそれぞれの領域におけるデータとして得られており、鷹架層下部層，鷹架層上部層，鷹架層中部層といった主な地質構造の分布としては各領域の特徴を捉えたデータとなっていると考えられる。

敷地における PS 検層に基づく減衰定数の評価にあたっては、加振波とボーリング孔内観測波の応答スペクトルの振幅比に基づき、当該地点の減衰定数として周波数ごとに評価している。

第 5-2 図に、PS 検層に基づく減衰定数について、J-T 孔，L-T 孔，E-T 孔における主要な岩盤部分に対応する評価結果を示す。PS 検層に基づく減衰定数は、いずれの孔においても、高振動数成分に着目した評価を行っており、周波数方向の信頼区間は 10Hz 又は 20Hz よりも高振動数側の領域としている。

また、敷地における減衰定数の周波数依存性の特徴として、振動数に反比例する傾向を有していることが確認できる、なお、第 3.2-1 表に示したとおり、減衰定数の周波数依存性については、10～20Hz 以上の周波数において頭打ちになるとの知見があるが、本評価結果においては、西側地盤では約 20Hz 以降でやや高周波数側で減衰定数の減少が緩やかになる傾向がみられるが、中央地盤及び東側地盤では同様の傾向は明瞭に確認できない。

敷地における減衰定数の値に着目すると、高振動数側では 1% 未満の非常に小さい減衰定数が得られているが、低振動数側では、西側地盤に対応する J-T 孔で約 6%，中央地盤に対応する L-T 孔で約 4% の値が得られている。一方で東側地盤に対応する E-T 孔では 20% 以上の減衰定数が得られており、ばらつきの大きい結果になっていると考えられる。

上記のとおり、上記の S 波検層による評価については、敷地内の 3 地点において実施されており、これは、既認可時における地盤モデルのエリア設定の考え方（西側地盤，中央地盤，東側地盤の 3 つのエリア）に基づき実施したものである。これに対し、今回、地盤の実態を考慮した減衰定数を設定する

にあたっては、本文に示すとおり、近接する建屋のグループ単位において岩盤部分の物性値等の設定を行う方針としていることを踏まえると、上記の3地点におけるデータが、全12グループにおいても同じ特徴を有しているか確認を行い、S波検層結果の信頼性を向上させる必要があると考えられる。

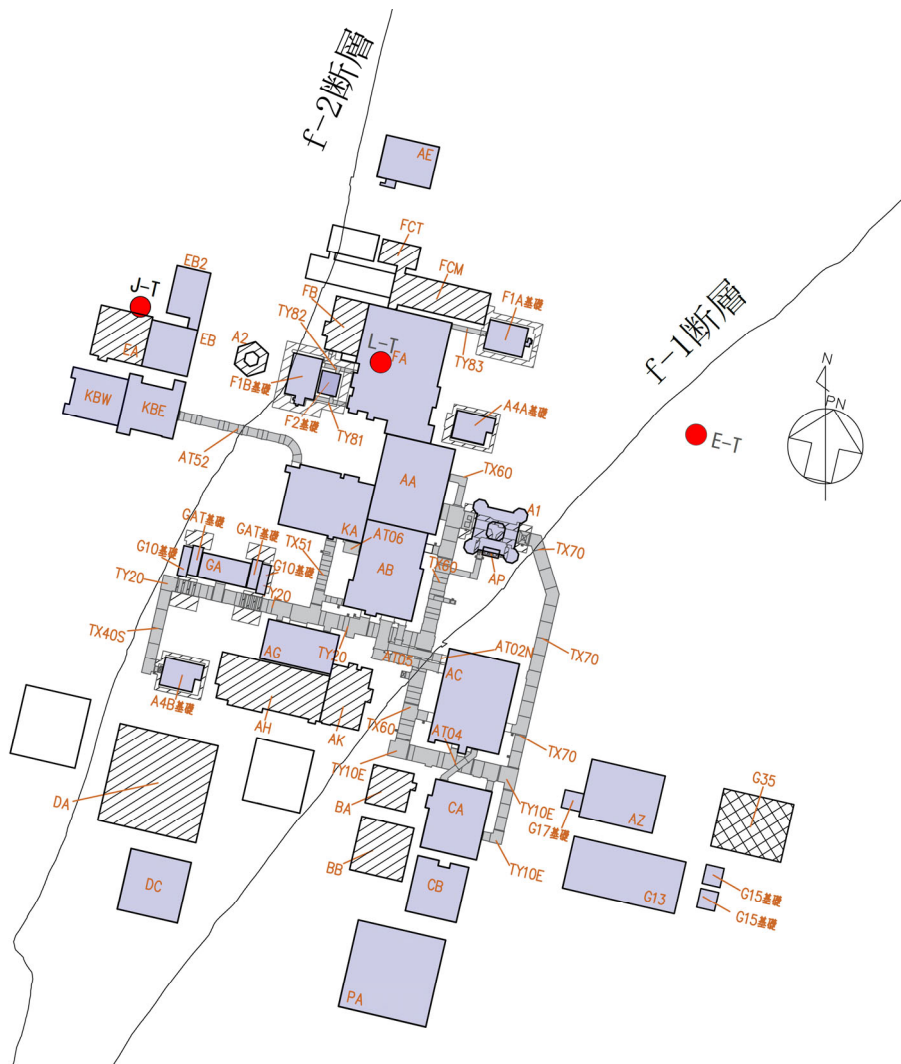
以上のことから、S波検層による評価結果の信頼性向上を目的とし、近接する建屋のグループ単位におけるS波検層の追加調査を実施する。

本追加調査で得られる建屋グループ単位におけるS波検層による評価結果については、上記3地点のデータに対しての相対的な比較を行う。さらに、「6. 敷地における地震観測記録を用いた減衰定数の評価」に示す、地震観測記録に基づく評価結果との整合性を確認する。

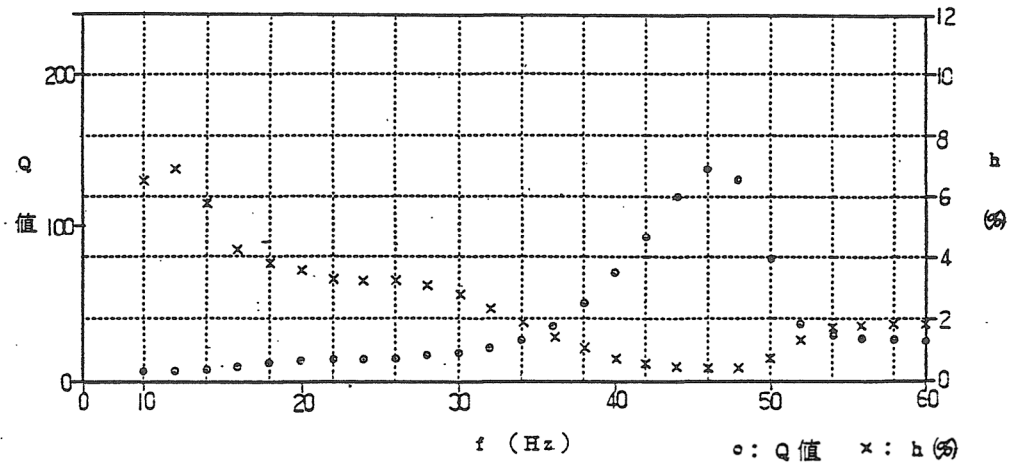
以上の確認により、各建屋グループにおける地盤の実態を把握し、他手法による評価結果との整合性を確認することで、各建屋グループへの適用性の確認を行う。

追加調査にて実施するS波検層の計画及び実施内容の詳細については、「参考1 岩盤部分の減衰定数の設定に係る追加調査」に示す。

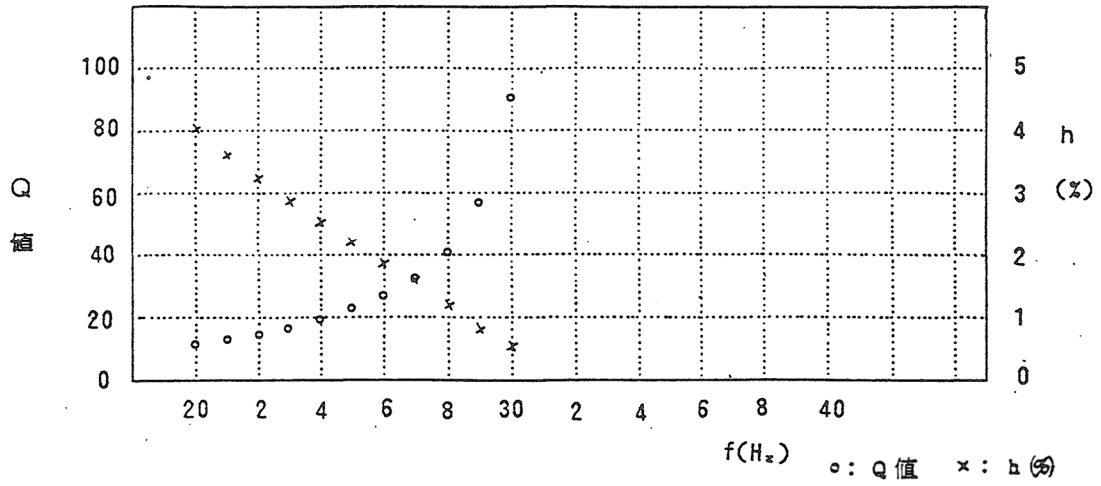
本章におけるS波検層による評価については、今後追加調査を実施し、その結果を追加する。
--



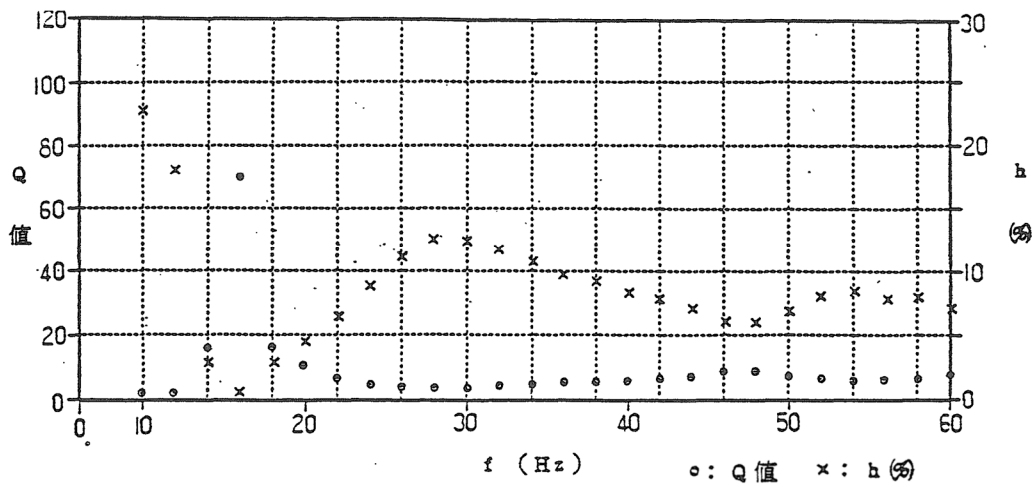
第 5-1 図 S 波検層による減衰定数の評価を実施しているボーリング孔位置
(現時点)



(a) J-T 孔 (西側地盤の泥岩上部層に対応)



(b) L-T 孔 (中央地盤の細粒砂岩及び泥岩下部層に対応)



(c) E-T 孔 (東側地盤の軽石質砂岩に対応)

第 5-2 図 S 波検層による減衰定数の評価結果

6. 敷地における地震観測記録を用いた減衰定数の評価結果

敷地における岩盤部分の減衰定数として、材料減衰及び散乱減衰の両方が含まれた値を、敷地において得られている地震観測記録を用いて同定する。

本検討において用いる地震観測記録は地中波であることから、表層地盤による影響も含まれた情報に基づく評価となるが、本資料における評価の目的が岩盤部分の減衰定数に対する確認であることを踏まえ、表層地盤と岩盤部分を個別に同定することにより、表層地盤における影響を分離した岩盤部分の減衰定数を評価することとした。

また、地震計を設置している敷地内の中央地盤、西側地盤、東側地盤の3地点のそれぞれに対して同定を実施することで、大局的な地下構造の違いによる減衰定数の違いについても確認する。

6.1 地震観測記録を用いた減衰定数の評価方法

本章では、以下の方法により、地震観測記録を用いた敷地における岩盤部分の減衰定数の評価を実施する。

「3.3.3 地震観測記録による評価」に示したとおり、伝達関数による検討については、多角的な検討を行う観点で、周波数依存性について条件を変化させた検討を実施する。また、上記以外の手法として、地盤の速度構造によらず直接地盤の減衰定数を評価する方法として、地震波干渉法による検討を実施する。

伝達関数による検討については「6.3 伝達関数による検討」に、地震波干渉法による検討については「6.4 地震波干渉法による検討」に、それぞれの評価条件及び評価結果を示す。

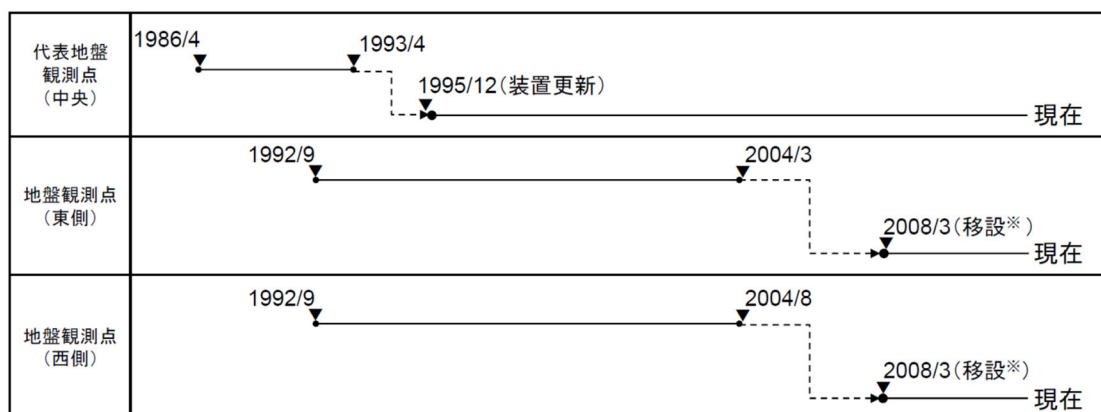
これら複数の考え方に基づく減衰定数の評価を実施し、各方法における地震観測記録の再現性及び周波数特性に着目し、岩盤部分における減衰定数を評価する。

6.2 敷地における地震観測の概要

敷地では、中央、西側、東側地盤の3地点において地震観測記録の収集を行っている。また、第6.2-1図～第6.2-3図に示すとおり、地震観測位置のうち、西側及び東側地盤観測点については、2008年を境に移設を行っている。

西側及び東側地盤観測点における地震観測位置の移設については、事業変更許可において説明を実施しており、移設前後において地下構造が大きく変わらないことを、移設前後のPS検層結果及びはぎとり地盤モデルの速度構造との比較により示している。

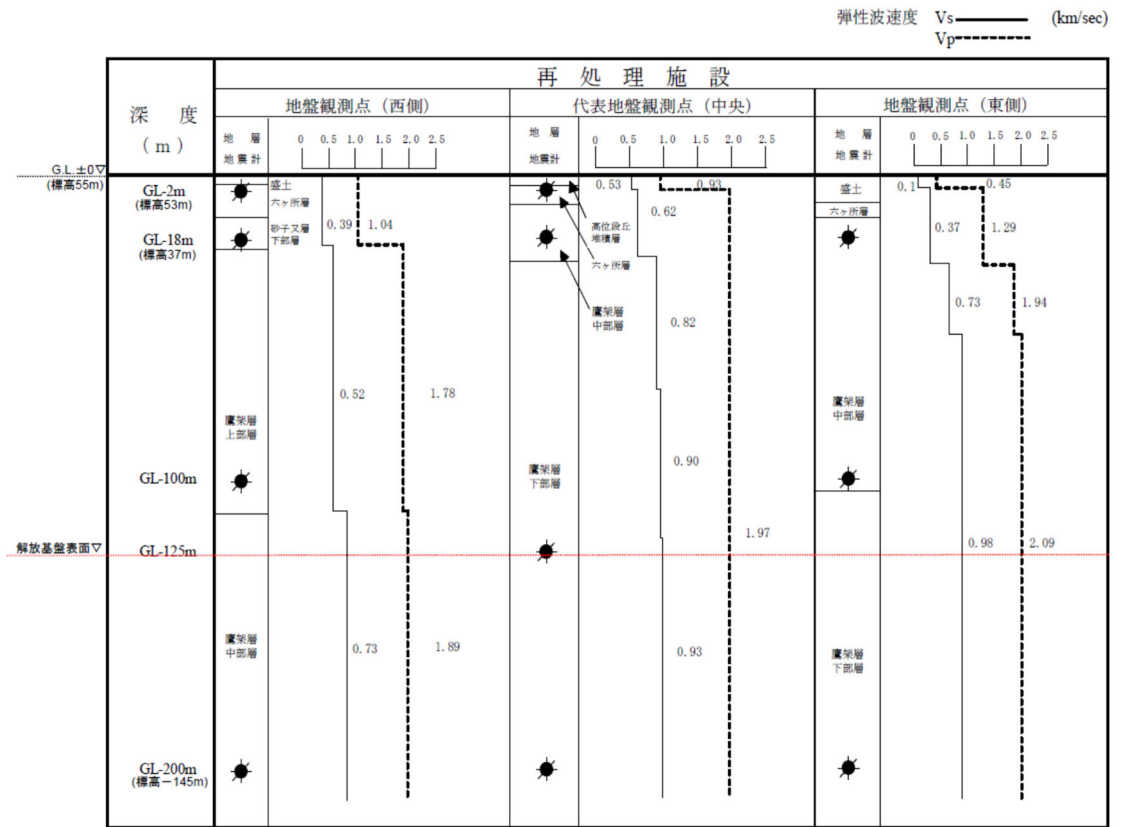
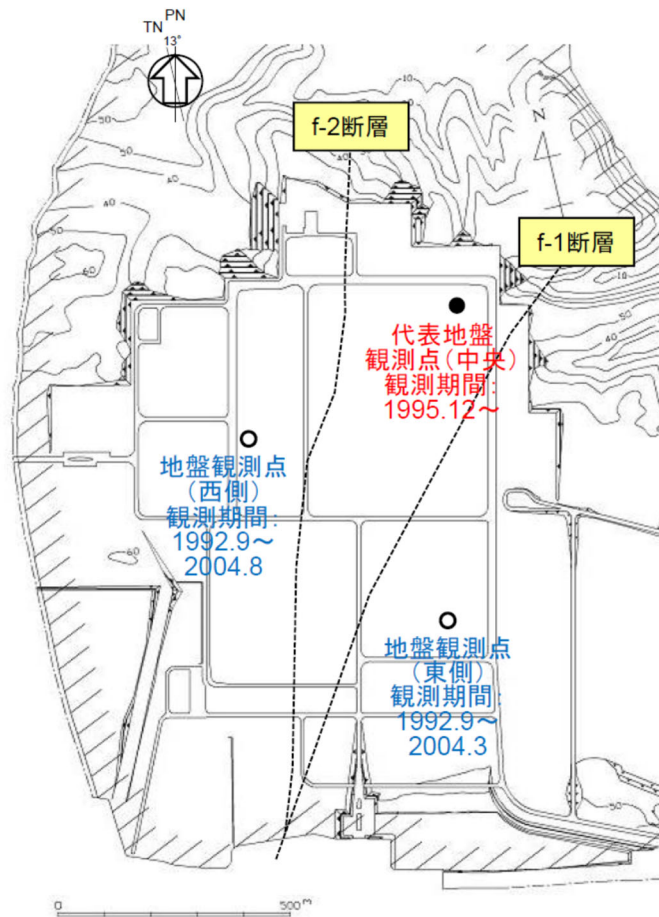
本資料においては、後述のとおり、はぎとり地盤モデルの作成と同様の手法により減衰定数を評価する際、S波速度についても、周波数特性の適合度を向上させる観点で変動させていることから、変動後の速度構造との評価結果との関係性について、「9.2 事業変更許可申請におけるはぎとり地盤モデルとの関係」にて事業変更許可申請と同様に速度構造の比較を行う。



※G.L.-100m地震観測点を、G.L.-125mに移設

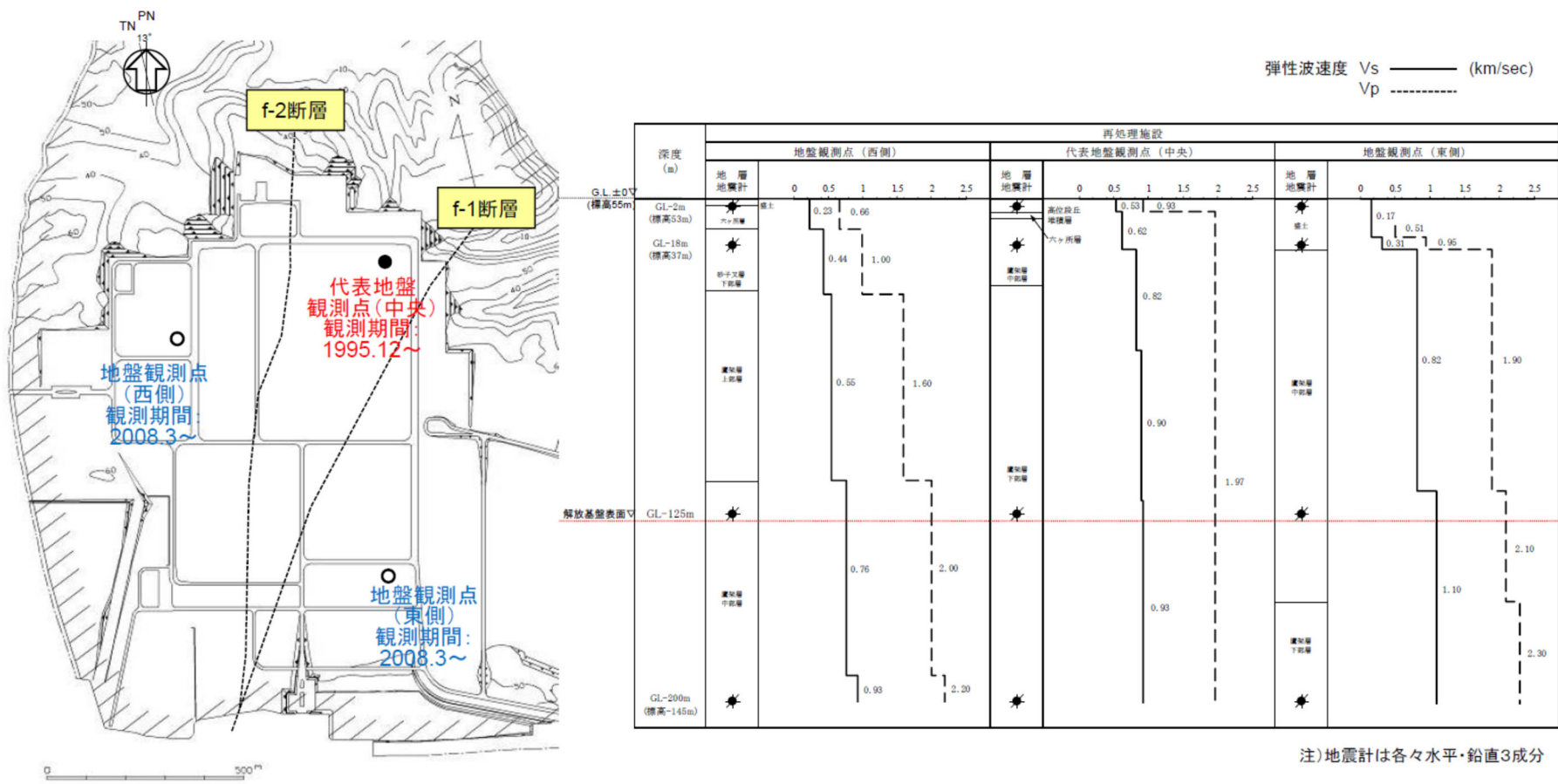
第6.2-1図 敷地内各位置における地震観測期間

(2020年2月21日第339回審査会合 資料1-4-1 p38より抜粋)



注)地震計は各々水平・鉛直3成分

第 6.2-2 図 2004 年以前の地震観測位置
(2020 年 2 月 21 日第 339 回審査会合 資料 1-4-2 p9 より抜粋)



第 6.2-3 図 2008 年以降の地震観測位置(本資料における評価に用いる地震観測位置)
(2020 年 2 月 21 日第 339 回審査会合 資料 1-4-2 p10 より抜粋)

6.3 伝達関数による検討

6.3.1 評価に用いる地震観測記録

評価に用いる地震観測記録について、当社敷地では2011年以降に比較的大加速度の地震観測記録が多く得られていることを踏まえ、中央、西側及び東側地震観測点において、現在の地震観測位置における地震観測記録から選定する。

地震観測記録の選定にあたっては、伝達関数の再現解析を行う上で、地盤の各深さ間の伝達関数に見られるピークを精度よく把握する必要があるため、加速度振幅の大きい地震を選定することとした。

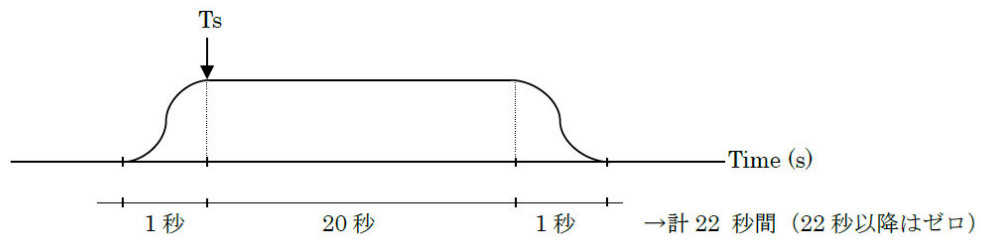
選定する地震数としては、事業変更許可申請において地震動評価に用いるはぎとり地盤モデルを作成する際、2003年までに得られている13地震を対象に、本評価と同様の伝達関数の再現解析を実施していたことを踏まえ、概ね同数の地震を選定することとした。

また、後述の「6.3.3 目的関数の設定」において、上記の考え方により選定した地震が、敷地における地盤の振動特性を把握する上で十分であることを、地震数を増やした場合の伝達関数の平均値への影響の観点で確認する。

上記を踏まえ、中央、西側及び東側地盤観測点のそれぞれについて、第6.2-1図に示した移設後の地震観測期間内で、最深部（GL-200m）において10Gal以上の最大加速度が得られている地震を選定することを基本とし、10Gal以上の地震を選定した結果、その数が10地震に満たない場合は、選定基準を5Gal以上に拡大し、10地震以上のサンプルが得られるよう配慮した。

また、地震観測記録の波形に対する処理としては、直達波による影響を適切に考慮するため、TR成分（各地震の震央方向に直行する方向の成分）に変換した後、第6.3.1-1図に示すように、S波の初動以降を約20秒間切り出したものを用いた。

各地震観測点において評価に用いた地震の選定の考え方及び結果について、以下(1)～(3)に示す。



第 6.3.1-1 図 時刻歴波形の処理概要

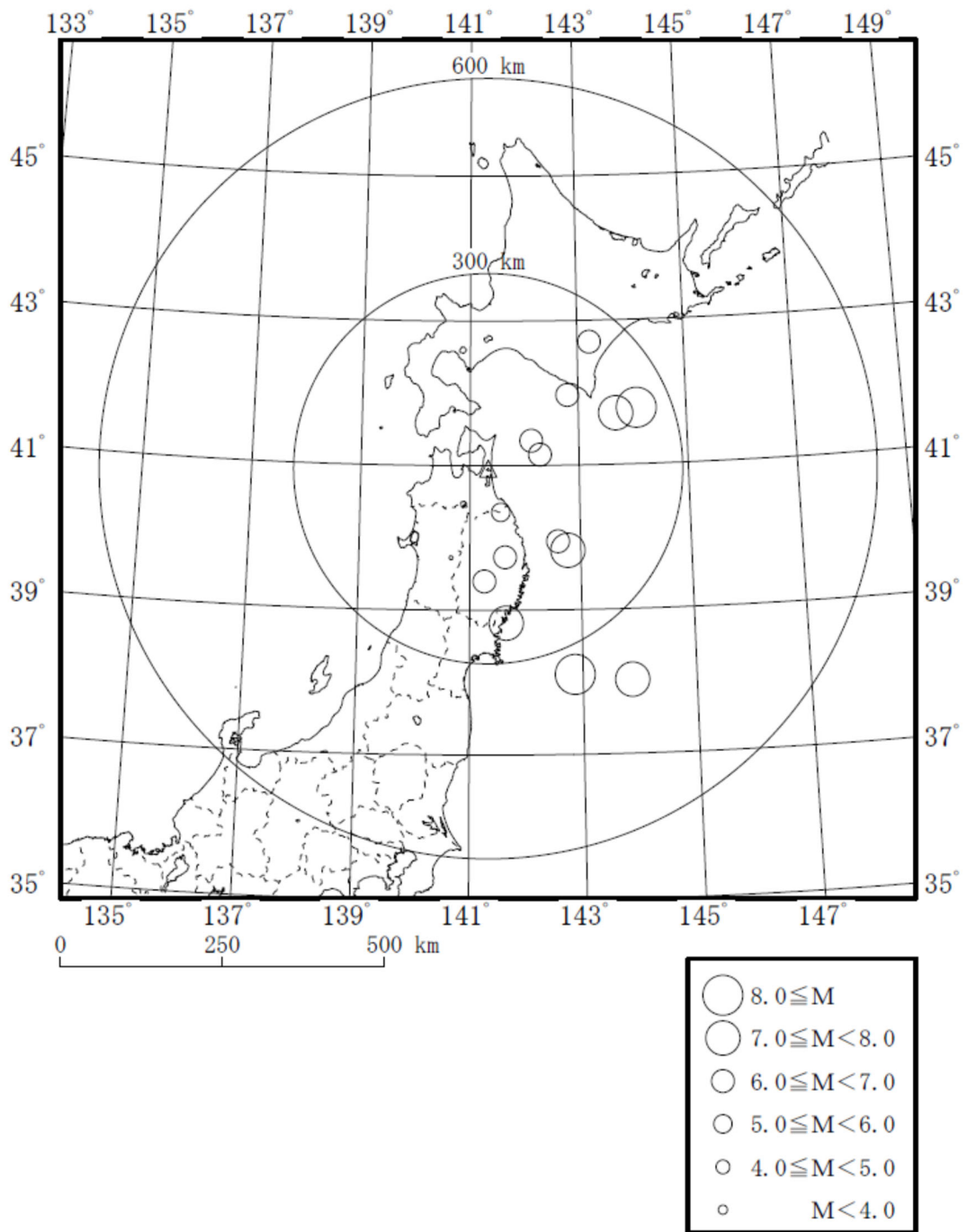
(1) 中央地盤観測点

中央地盤観測点においては、最深部（GL-200m）で 10Gal 以上の記録が得られている地震である 14 地震を選定し、各観測深さ（GL-200m, GL-125m, GL-18m 及び GL-2m）の地震観測記録を評価に用いた。

選定した地震を第 6.3.1-1 表に、選定した地震の震央分布を第 6.3.1-2 図に示す。

第 6.3.1-1 表 評価に用いる地震の選定結果（中央地盤観測点）

No.	年	月	日	時	分	震源地名	東経		北緯		M	深さ	震央距離	震源距離	GL-200m		
															NS	EW	UD
1	2001	12	2	22	1	SOUTHERN IWATE PREF	141	15.79	39	23.9	6.4	121.5	174	212	10.10	11.60	6.10
2	2002	10	14	23	12	E OFF AOMORI PREF	142	16.85	41	9.11	6.1	52.71	83	98	12.20	10.60	8.86
3	2003	5	26	18	24	NORTHERN MIYAGI PREF	141	39.04	38	49.26	7.1	72.03	239	250	12.50	12.40	10.50
4	2003	9	26	4	50	SE OFF TOKACHI	144	4.71	41	46.71	8.0	45.07	247	251	18.60	20.20	13.00
5	2003	9	26	6	8	SE OFF ERIMOMISAKI	143	41.49	41	42.59	7.1	21.41	215	216	21.30	17.00	13.20
6	2008	7	24	0	26	NORTHERN IWATE PREF	141	38.12	39	43.92	6.8	108.08	139	176	39.10	33.90	23.44
7	2011	3	11	14	46	FAR E OFF MIYAGI PREF	142	51.66	38	6.21	9.0	23.74	344	345	28.99	21.46	17.77
8	2011	3	11	15	8	E OFF IWATE PREF	142	46.01	39	49.24	7.4	32.02	176	179	17.93	18.83	11.97
9	2011	6	23	6	50	E OFF IWATE PREF	142	35.45	39	56.87	6.9	36.4	155	159	23.85	14.72	9.22
10	2012	5	24	0	2	E OFF AOMORI PREF	142	7.4	41	20.6	6.1	60	79	99	37.98	24.62	16.13
11	2012	12	7	17	18	OFF SANRIKU	143	52	38	1.1	7.3	49	393	396	11.17	11.14	10.32
12	2013	2	2	23	17	SOUTHERN TOKACHI REGION	143	13.6	42	42.1	6.5	102	249	269	10.48	12.00	5.61
13	2015	7	10	3	32	NORTHERN INLAND OF IWATE PREF	141	33.5	40	21.2	5.7	88	70	112	12.41	10.50	5.81
14	2016	1	14	12	25	OFF URAKAWA	142	41	48	58.2	6.7	52	166	174	12.07	13.32	8.62



第 6.3.1-2 図 評価に用いた地震の震央分布（中央地盤）

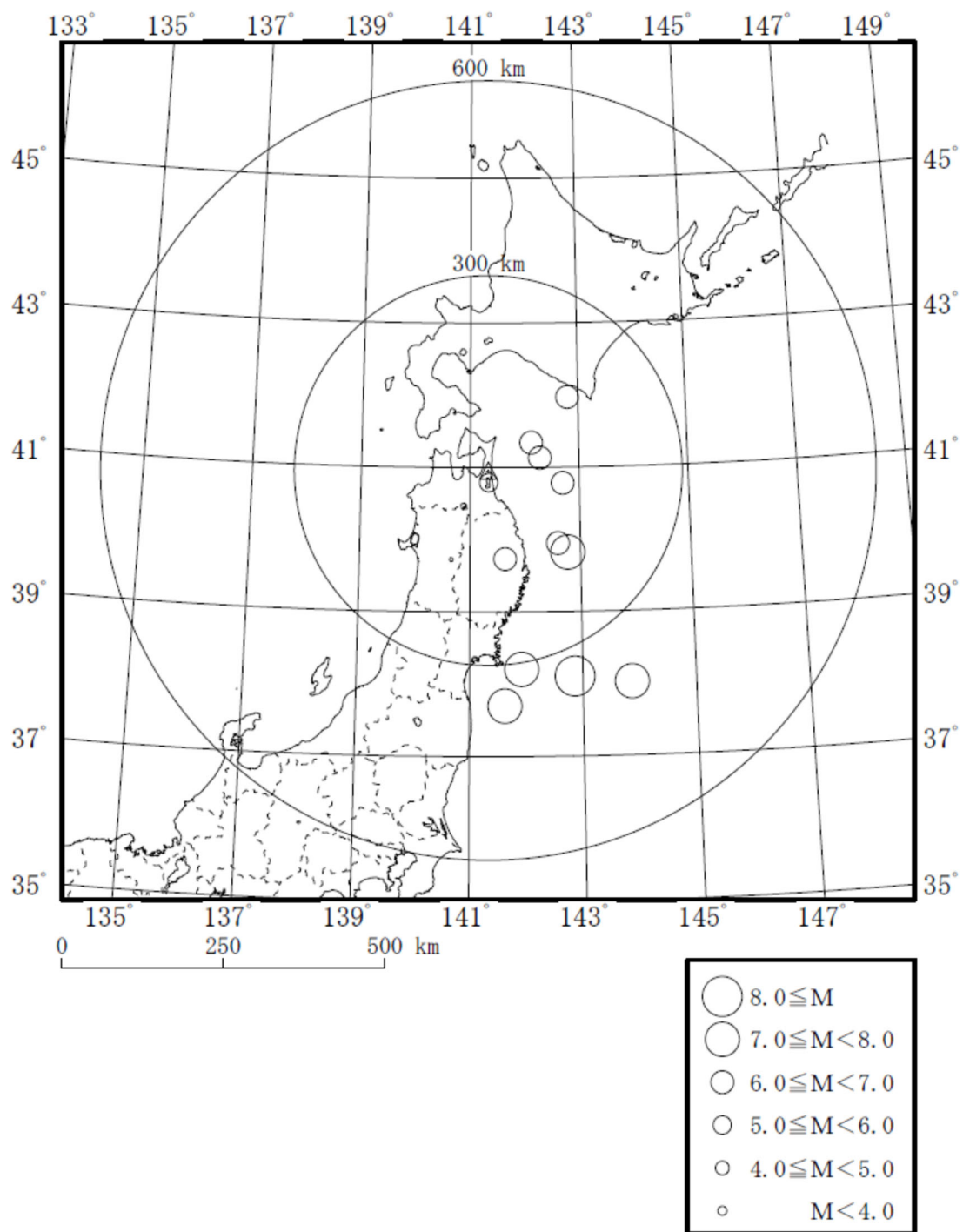
(2) 西側地盤観測点

西側地盤観測点においては、最新部（GL-200m）で 10Gal 以上の地震を選定した結果、NS 方向において 10Gal 以上の記録となっている地震は 9 つであったことから、選定基準を 5Gal に拡大し、全 12 地震を選定したうえで、各観測深さ（GL-200m, GL-125m, GL-18m 及び GL-2m）の地震観測記録を評価に用いた。

選定した地震を第 6.3.1-2 表に、選定した地震の震央分布を第 6.3.1-3 図に示す。

第 6.3.1-2 表 評価に用いる地震の選定結果（西側地盤観測点）

No.	年	月	日	時	分	震源地名	東経		北緯		M	深さ	震央距離	震源距離	GL-200m		
															NS	EW	UD
1	2008	7	24	0	26	NORTHERN IWATE PREF	141	38.12	39	43.92	6.8	108.08	139	176	41.72	54.67	24.37
2	2011	3	11	14	46	FAR E OFF MIYAGI PREF	142	51.66	38	6.21	9.0	23.74	344	345	28.57	21.73	17.18
3	2011	3	11	15	8	E OFF IWATE PREF	142	46.01	39	49.24	7.4	32.02	176	179	23.04	21.22	13.00
4	2011	4	7	23	32	E OFF MIYAGI PREF	141	55.21	38	12.25	7.2	65.89	310	317	10.67	11.23	7.90
5	2011	6	23	6	50	E OFF IWATE PREF	142	35.45	39	56.87	6.9	36.4	155	159	16.72	23.08	13.48
6	2012	5	24	0	2	E OFF AOMORI PREF	142	7.42	41	20.62	6.1	59.6	79	99	21.84	20.39	14.11
7	2012	12	7	17	18	FAR E OFF MIYAGI PREF	143	52.02	38	1.19	7.3	49	393	396	13.26	12.64	10.46
8	2014	8	10	12	43	E OFF AOMORI PREF	142	16.74	41	8.04	6.1	50.56	82	96	8.06	10.82	6.61
9	2016	1	14	12	25	S OFF URAKAWA	142	48.07	41	58.21	6.7	51.51	166	174	10.18	11.48	10.72
10	2019	8	15	14	32	SHIMOKITA PENINSULA REG	141	20.36	40	47.52	5.5	92.6	19	95	11.53	15.43	11.22
11	2020	12	21	2	23	E OFF AOMORI PREF	142	41.5	40	46.9	6.5	43	117	125	8.14	6.55	6.91
12	2022	3	16	23	36	OFF FUKUSHIMA PREF	141	37.3	37	41.8	7.4	57	363	367	9.00	10.27	7.08



第 6.3.1-3 図 評価に用いた地震の震央分布（西側地盤）

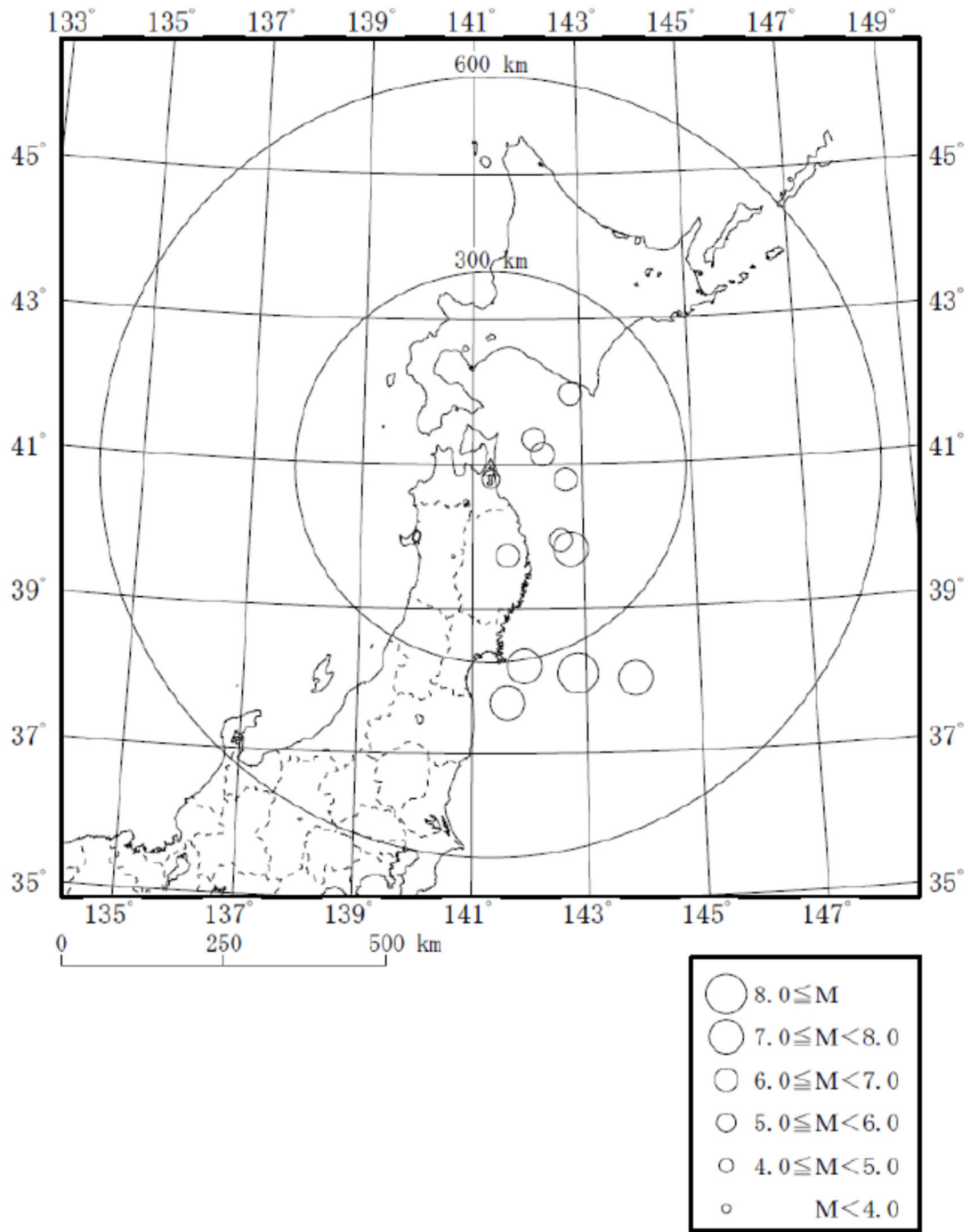
(3) 東側地盤観測点

東側地盤観測点においては、最新部（GL-200m）で 10Gal 以上の地震を選定した結果、NS 方向、EW 方向、UD 方向全てにおいて、10Gal 以上の記録となっている地震は 5 つであったことから、選定基準を 5Gal に拡大し、全 12 地震を選定したうえで、各観測深さ（GL-200m、GL-125m、GL-18m 及び GL-2m）の地震観測記録を評価に用いた。

選定した地震を第 6.3.1-3 表に、選定した地震の震央分布を第 6.3.1-4 図に示す。

第 6.3.1-3 表 評価に用いる地震の選定結果（東側地盤観測点）

No.	年	月	日	時	分	震源地名	東経		北緯		M	深さ	震央距離	震源距離	GL-200m		
															NS	EW	UD
1	2008	7	24	0	26	NORTHERN IWATE PREF	141	38.12	39	43.92	6.8	108.08	139	176	26.09	23.88	15.64
2	2011	3	11	14	46	FAR E OFF MIYAGI PREF	142	51.66	38	6.21	9.0	23.74	344	345	20.74	18.99	19.35
3	2011	3	11	15	8	E OFF IWATE PREF	142	46.01	39	49.24	7.4	32.02	176	179	12.46	17.57	11.74
4	2011	4	7	23	32	E OFF MIYAGI PREF	141	55.21	38	12.25	7.2	65.89	310	317	7.86	7.69	6.70
5	2011	6	23	6	50	E OFF IWATE PREF	142	35.45	39	56.87	6.9	36.4	155	159	13.04	11.57	10.52
6	2012	5	24	0	2	E OFF AOMORI PREF	142	7.42	41	20.62	6.1	59.6	79	99	19.16	14.87	13.92
7	2012	12	7	17	18	FAR E OFF MIYAGI PREF	143	52.02	38	1.19	7.3	49	393	396	7.87	8.60	7.97
8	2014	8	10	12	43	E OFF AOMORI PREF	142	16.74	41	8.04	6.1	50.56	82	96	6.80	8.17	5.55
9	2016	1	14	12	25	S OFF URAKAWA	142	48.07	41	58.21	6.7	51.51	166	174	9.05	7.75	6.79
10	2019	8	15	14	32	SHIMOKITA PENINSULA REG	141	20.36	40	47.52	5.5	92.6	19	95	9.13	8.59	5.85
11	2020	12	21	2	23	E OFF AOMORI PREF	142	41.5	40	46.9	6.5	43	117	125	5.12	6.56	5.07
12	2022	3	16	23	36	OFF FUKUSHIMA PREF	141	37.3	37	41.8	7.4	57	363	367	7.70	8.56	6.43



第 6.3.1-4 図 評価に用いた地震の震央分布（東側地盤）

6.3.2 初期モデルの設定及び探索範囲

評価にあたっては、事業許可における基準地震動の策定において、各地震観測点の地震観測記録を再現するように作成しているはぎとり地盤モデルと同様に、第 6.2-2 図及び第 6.2-3 図に示した当該地震観測点における PS 検層結果から得られている密度及び S 波速度を、初期モデルとして設定した。

事業許可におけるはぎとり地盤モデルは、当該観測点の PS 検層結果から得られている密度及び S 波速度を初期モデルとして設定し、地震観測記録の伝達関数を再現するよう S 波速度及び減衰定数を変数として同定を行っている。減衰定数については、地震動評価において一般的に用いられている Takemura et al. (1993)*等の知見に基づき、周波数依存特性を考慮して同定を行っている。

本評価における減衰定数の評価にあたっては、減衰定数を変数とした収束計算を行うことにより、観測記録に適合する減衰定数を同定する。評価を行う上で設定する減衰定数の探索範囲は、建物・構築物の入力地震動を算定する上で用いる設定方法にならい、モデル底面から地表面の全層に対し、全周波数帯において一定値となる条件として、探索範囲を 0～10%の範囲で設定した。

今回評価に用いた初期モデル及び減衰定数の探索範囲を、第 6.3.2-1 表～第 6.3.2-3 表に示す。

ここで、中央地盤観測点については、事業変更許可にてはぎとり地盤モデルを策定する際に、地震観測記録における振動特性を再現するよう、既に現在の地震観測位置における PS 検層データから S 波速度をチューニングしていることから、チューニング後のはぎとり地盤モデルに設定している S 波速度を採用し、減衰定数のみを変数として設定することとした。

また、西側地盤及び東側地盤観測点については、事業変更許可における西側及び東側地盤のはぎとり地盤モデルを作成する際、移設前の地震観測位置の情報に基づいて S 波速度をチューニングしており、移設後の位置における S 波速度のチューニングは実施していない。「6.2 敷地における地震観測の概要」及び「6.3.1 評価に用いる地震観測記録」に示したとおり、西側地盤及び東側地盤観測点における評価では、近年得られた地震観測記録を用いるために、2008 年以降の移設後の地

震観測点における地震観測記録を用いたことから、本評価にあたっては、移設後の地震観測点における PS 検層結果（第 6.2-3 図）における S 波速度を初期モデルとして設定し、減衰定数に加え、S 波速度についても変数として設定することとした。

注記 *：武村 雅之，池浦 友則，高橋 克也，石田 寛，大島 豊，：堆積地盤における地震波減衰特性と地震動評価，日本建築学会構造系論文報告集，446，pp. 1-11，1993.

第 6.3.2-1 表 初期モデル及び減衰定数の探索範囲
中央地盤観測点

	深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S 波速度 V_s (m/s)	減衰定数 h	
地震観測位置→	GL 0m	2	1.94	470	表層 1	0~0.2
	-2.0	1.5				
	-3.5	1.5				
地震観測位置→	-5	13	1.64	720	岩盤 1	0~0.15
	-18	2				
	-20	40				
地震観測位置→	-60	60	1.75	760	岩盤 2	0~0.1
	-120	5				
	-125	75				
地震観測位置→	-200	—	1.85	950	基盤	0~0.1

第 6.3.2-2 表 初期モデル及び減衰定数の探索範囲

西側地盤観測点

		深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S 波速度 Vs(m/s)	減衰定数 h	
地震観測位置→	GL 0m		2	1.73	230 (±20%)	表層 1	0~0.2
	-2.00	8.1					
地震観測位置→	-10.10		7.9	2.02	440 (±20%)	表層 2	0~0.2
	-18.00	18.82					
地震観測位置→	-36.82		75.78	1.59	550 (±5%)	岩盤	0~0.1
	-112.60	12.40					
	-125.00	63.87					
地震観測位置→	-188.87		11.13	1.75	760 (±5%)	基盤 1	0~0.1
	-200.00	—					
地震観測位置→				1.57	930 (±5%)	基盤 2	

第 6.3.2-3 表 初期モデル及び減衰定数の探索範囲

東側地盤観測点

		深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S 波速度 Vs(m/s)	減衰定数 h	
地震観測位置→		GL 0m	2	1.69	170 (±20%)	表層 1	0~0.2
		-2.00	12.73				
地震観測位置→		-14.73	3.27	1.72	310 (±20%)	表層 2	0~0.2
		-18.00	0.68				
		-18.68	97.05	1.59	820 (±5%)	岩盤	0~0.1
地震観測位置→		-115.73	9.27	1.82	1100 (±5%)	基盤 1	0~0.1
		-125.00	34.31				
地震観測位置→		-159.31	40.69	1.90	1100 (±5%)	基盤 2	
		-200.00	—				

6.3.3 目的関数の設定

同定にあたっては、当社事業変更許可において実績のある、はぎとり地盤モデルと同様に、収束計算に用いる目的関数を以下のとおり設定した。

目的関数は、「6.3.1 評価に用いる地震観測記録」に示した各地盤観測点において得られている地震観測記録に基づき算定した、各観測深さ間の伝達関数の平均値とする。各観測深さ間の地震個別の伝達関数の算定及び平均値の算定にあたっては、関数形状の平滑化等の処理は行わないこととした。

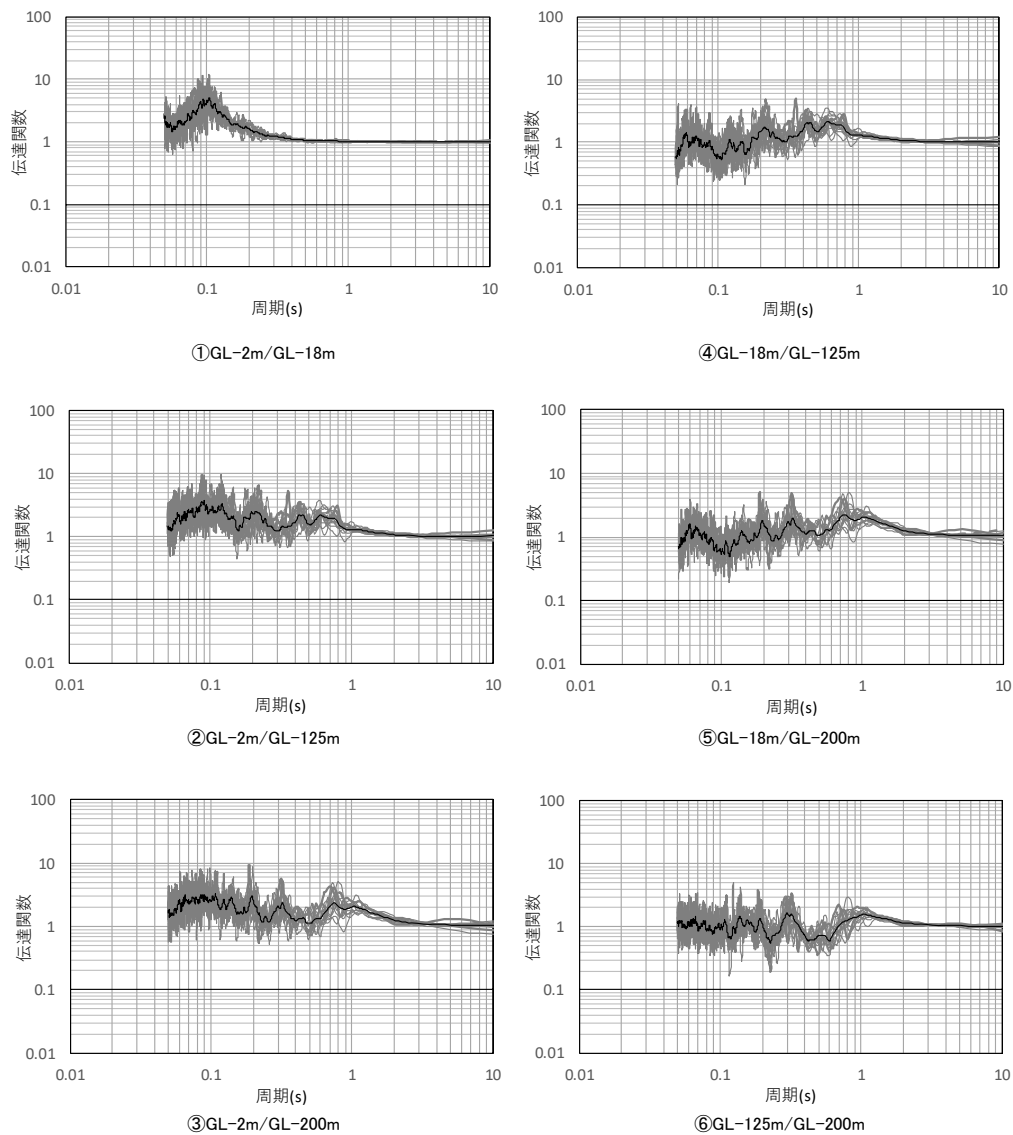
伝達関数は、表層地盤と岩盤部分を個別に同定するために、各観測深さ（GL-200m, GL-125m, GL-18m 及び GL-2m）間のフーリエスペクトル比（全6組合せ）として算定した。第6.3.3-1図～第6.3.3-6図に、地震観測記録に基づく、各深さ間の伝達関数の作成結果を示す。

さらに、「6.3.1 評価に用いる地震観測記録」にて選定した各地点における本評価に用いる地震についての十分性及び妥当性を確認するために、選定時の最大加速度の閾値を考慮せず、地震数を倍程度の30地震に増加させた場合の伝達関数の平均値を算定した。

地震数を増加させた場合の地震の震央分布を第6.3.3-4図～第6.3.3-6図に示す。また、地震数を増加させた場合の伝達関数の平均値と、今回評価に用いる目的関数を比較した図を第6.3.3-7図～第6.3.3-12図に示す。

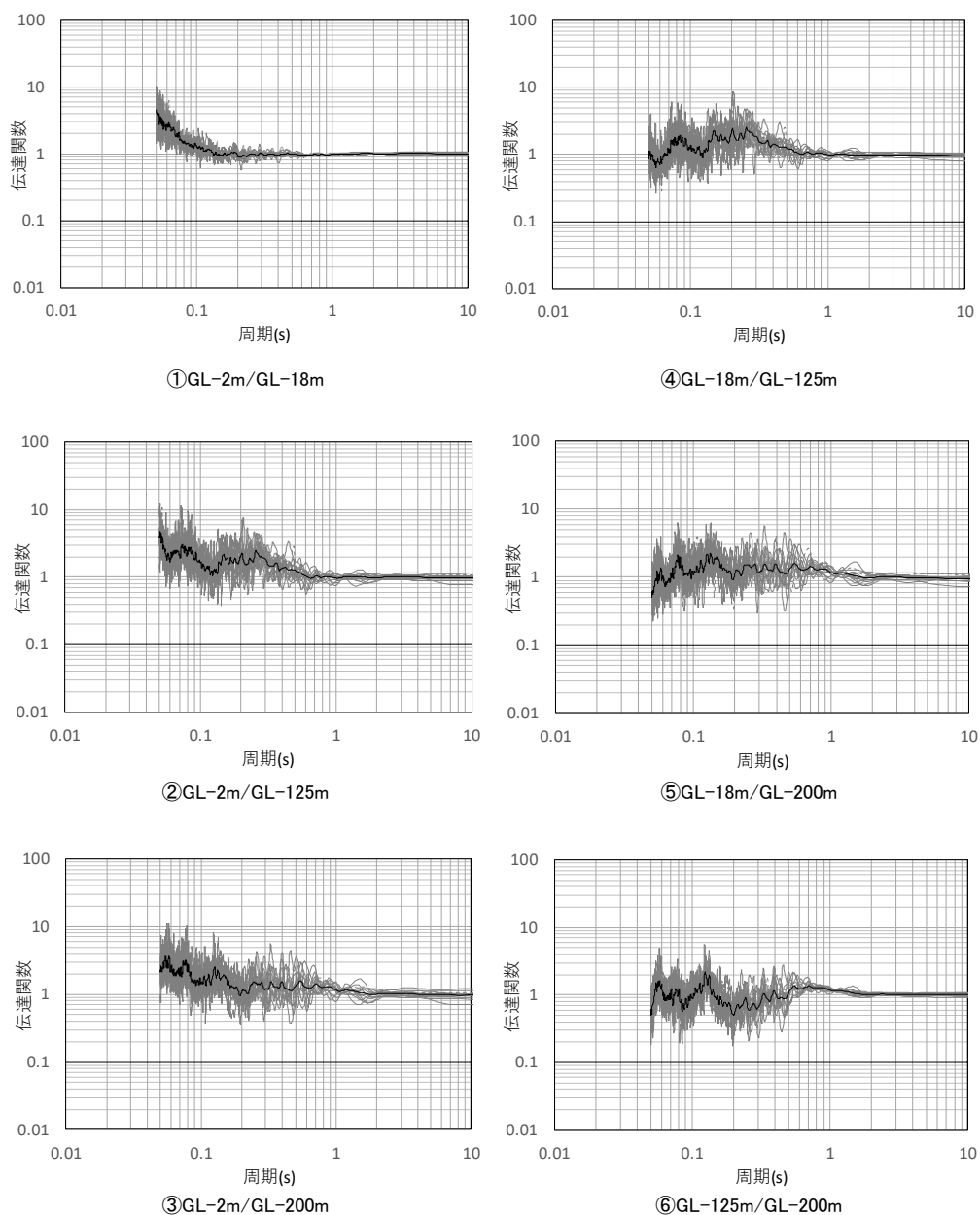
いずれの地点においても、地震数を増やした場合の伝達関数は、本評価に用いる伝達関数と有意な差は無いことから、「6.3.1 評価に用いる地震観測記録」にて選定した各地点における本評価に用いる地震は、敷地の振動特性の実態を捉える上で十分な選定結果となっていることを確認した。

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数



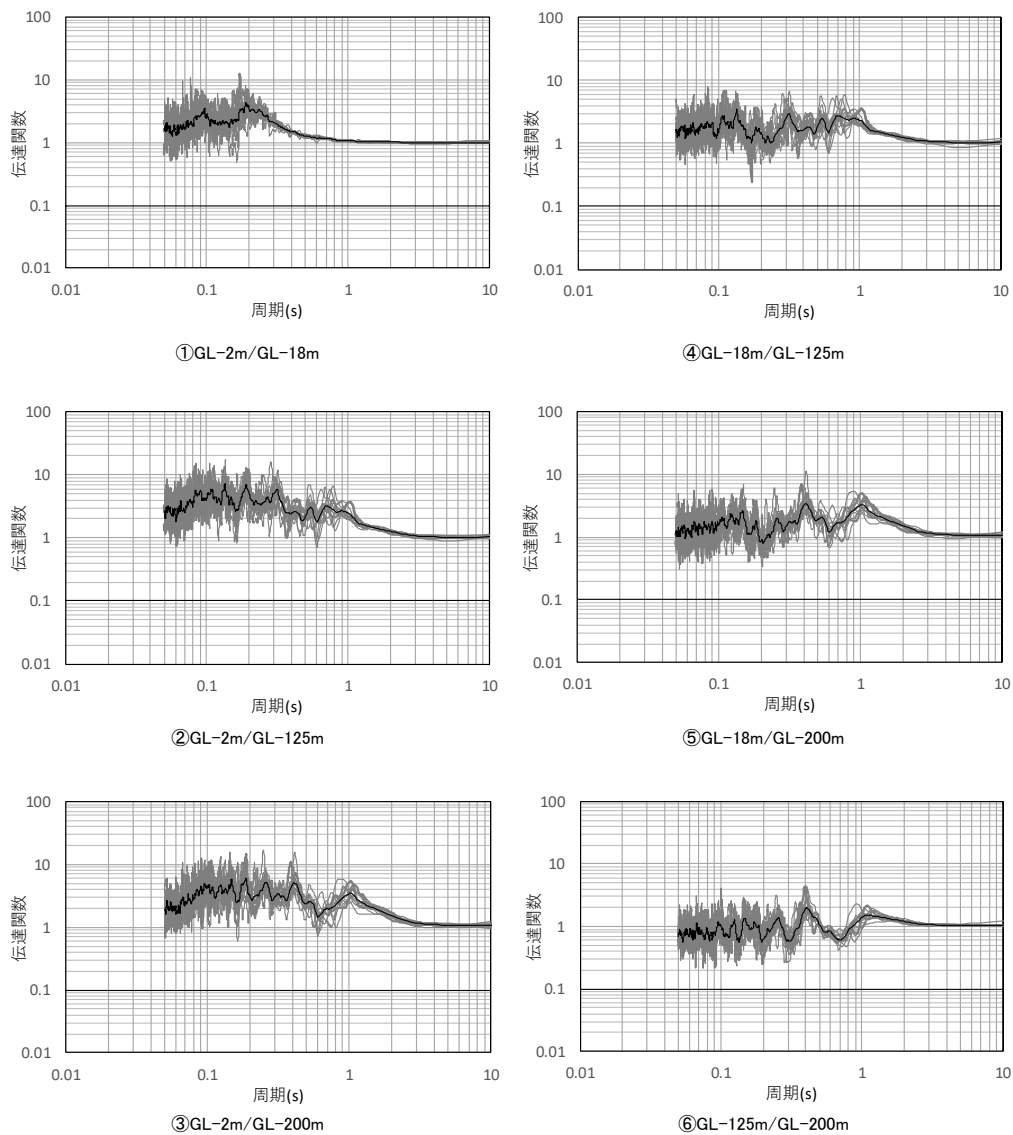
第 6.3.3-1 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （中央地盤観測点，水平）

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数



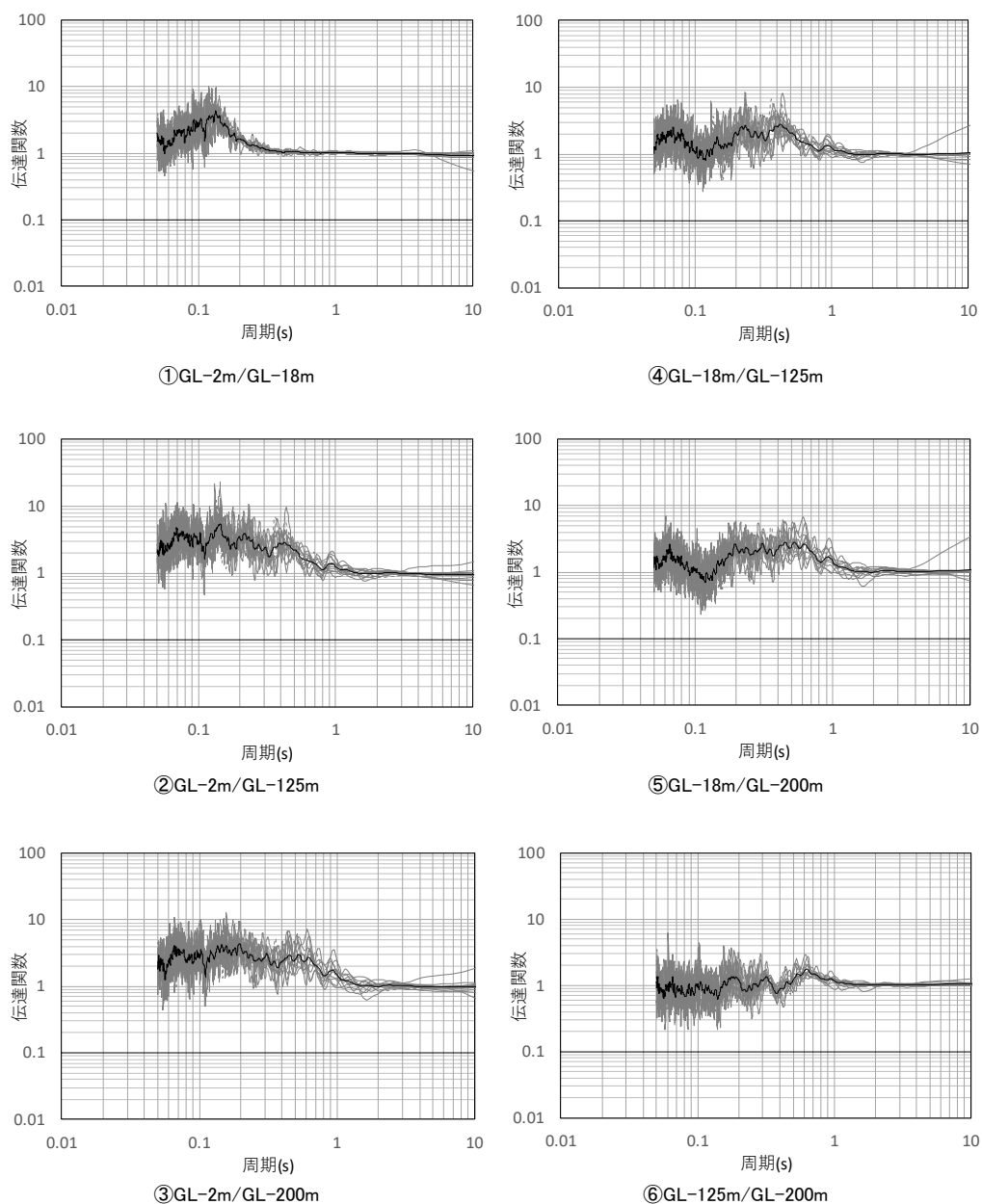
第 6.3.3-2 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （中央地盤観測点，鉛直）

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数



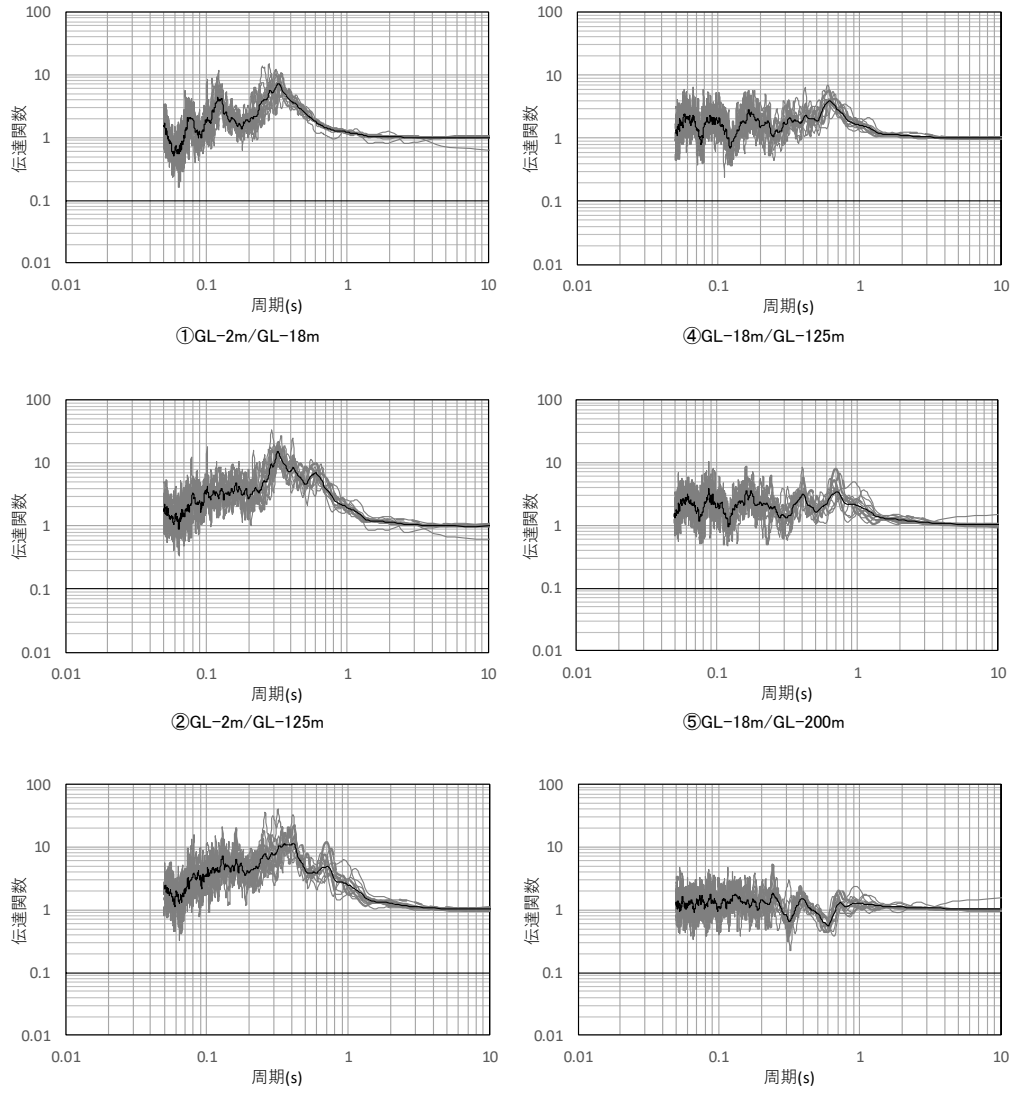
第 6.3.3-3 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （西側地盤観測点，水平）

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数



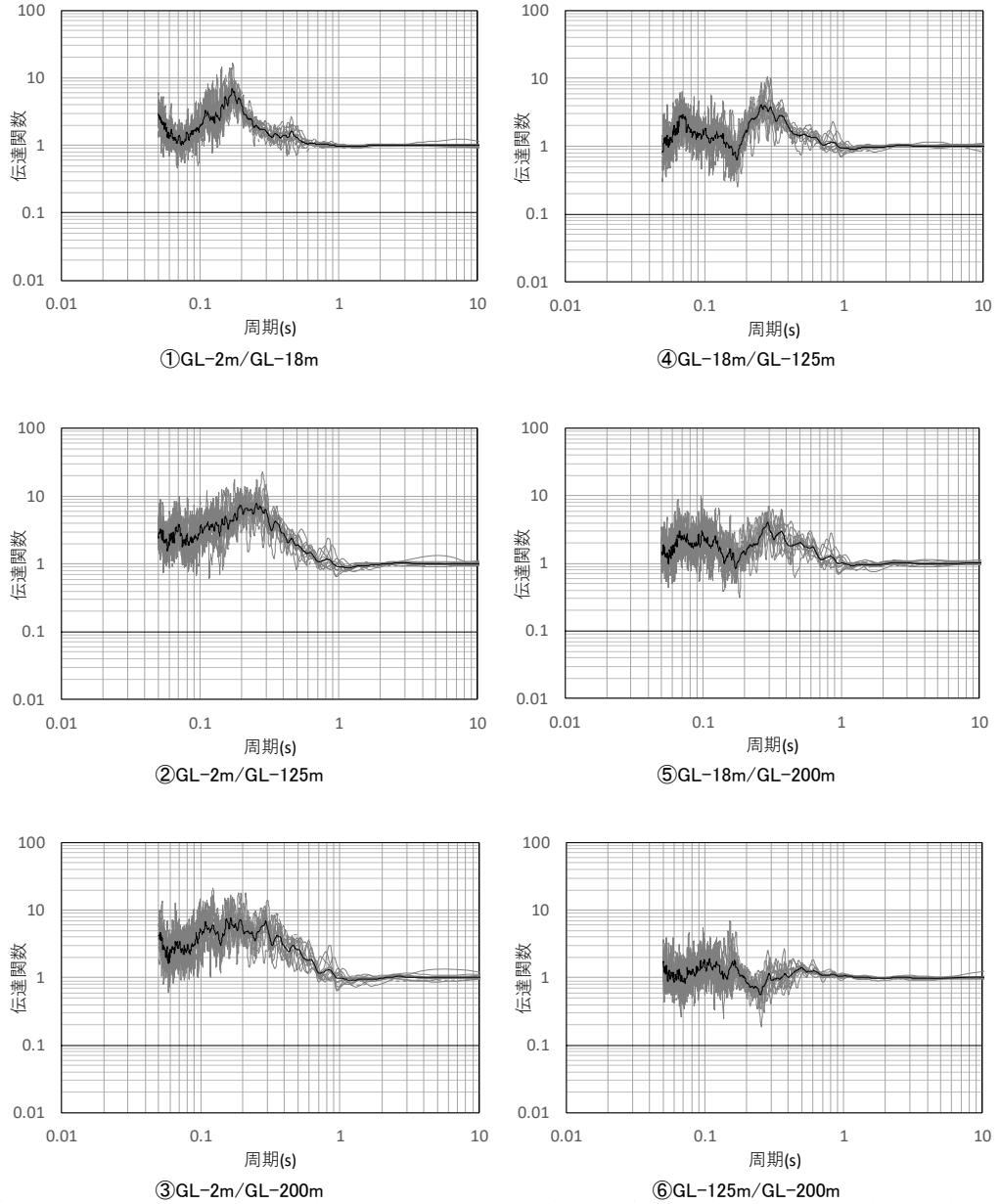
第 6.3.3-4 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （西側地盤観測点，鉛直）

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数

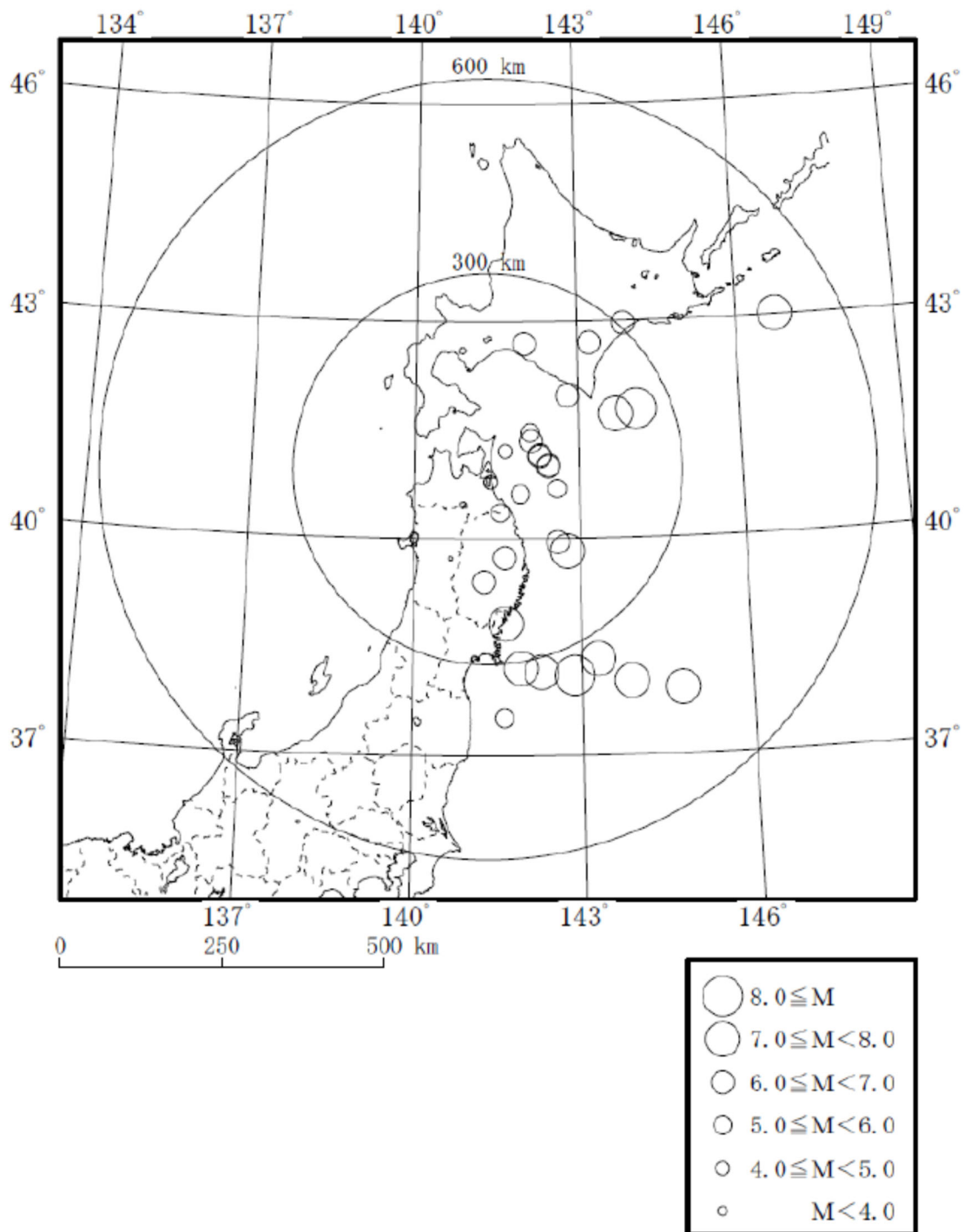


第 6.3.3-5 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （東側地盤観測点，水平）

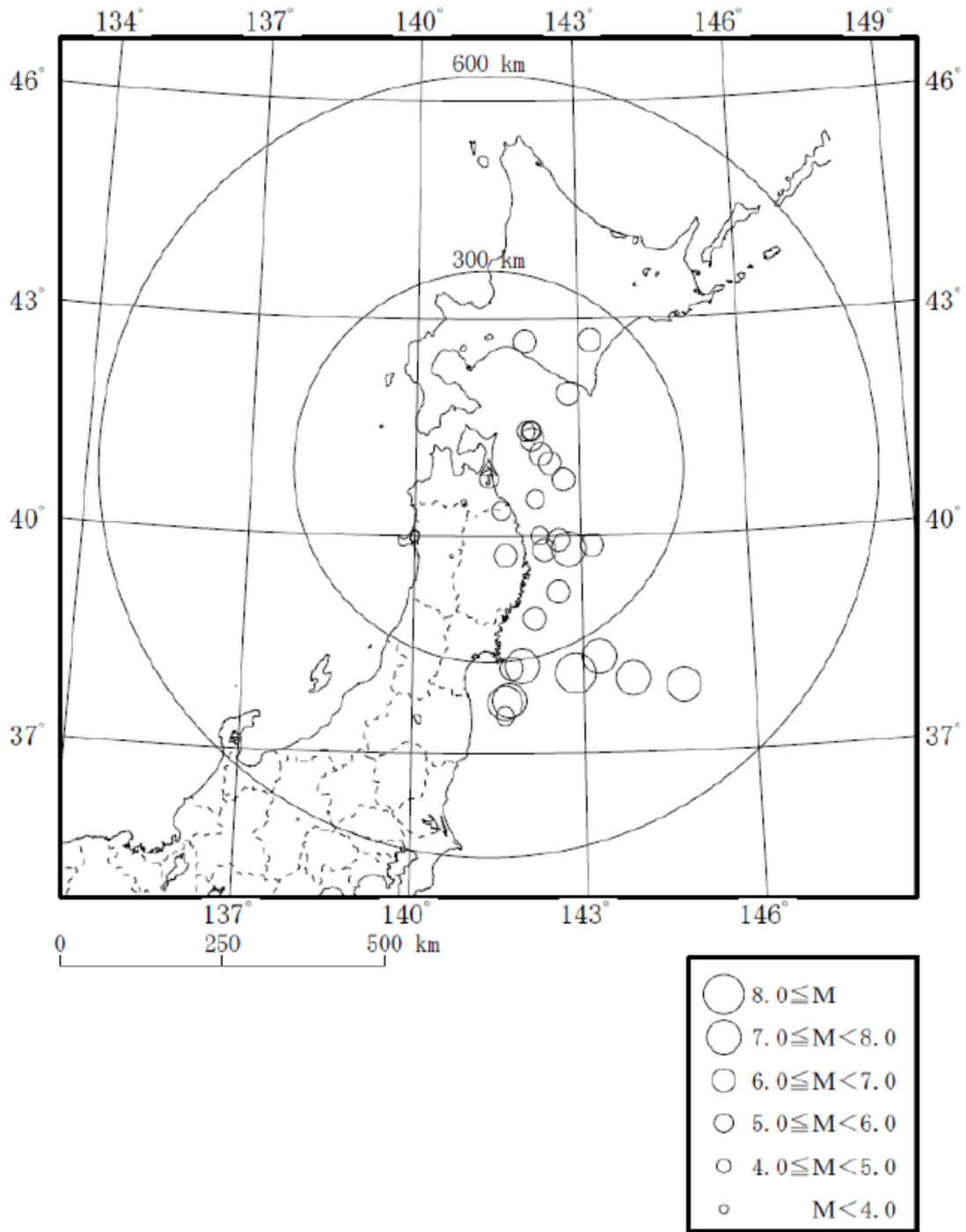
—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 —— 個別地震の観測記録の伝達関数



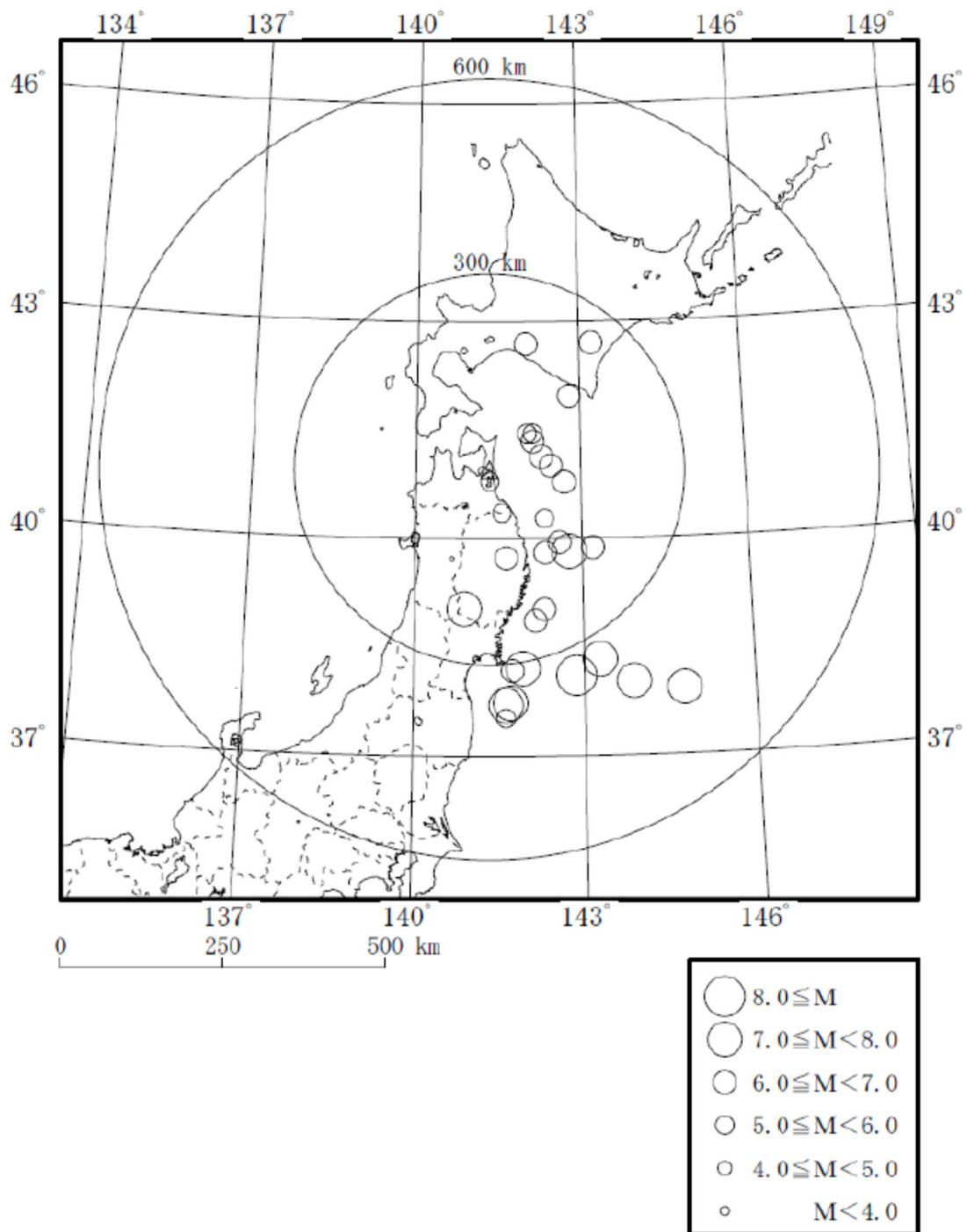
第 6.3.3-6 図 評価に用いた地震観測記録の伝達関数と目的関数
 （東側地盤観測点，鉛直）



第 6.3.1-4 図 地震数を 30 地震とした評価に用いた地震の震央分布
(中央地盤)

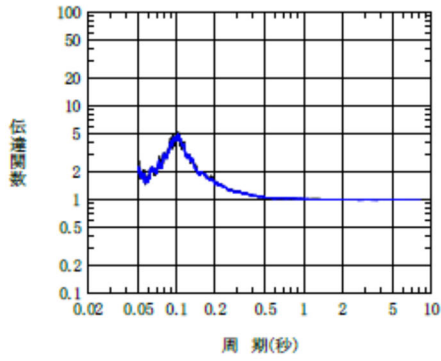


第 6.3.1-5 図 地震数を 30 地震とした評価に用いた地震の震央分布
(西側地盤)

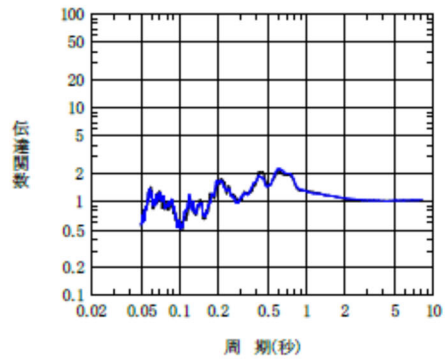


第 6.3.1-6 図 地震数を 30 地震とした評価に用いた地震の震央分布
(東側地盤)

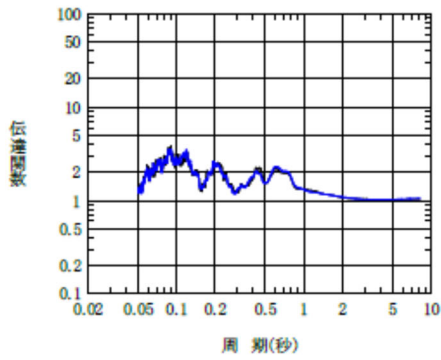
— 14 地震
— 30 地震



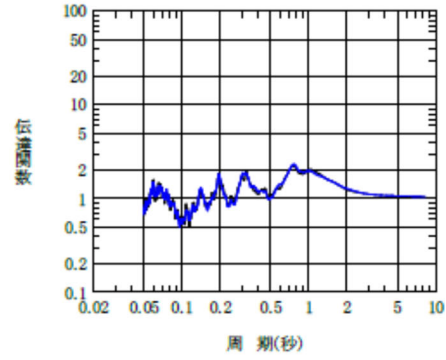
① GL-2m/GL-18m



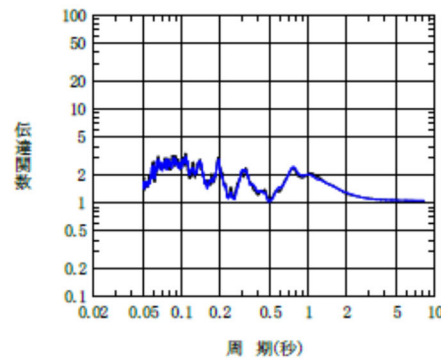
④ GL-18m/GL-125m



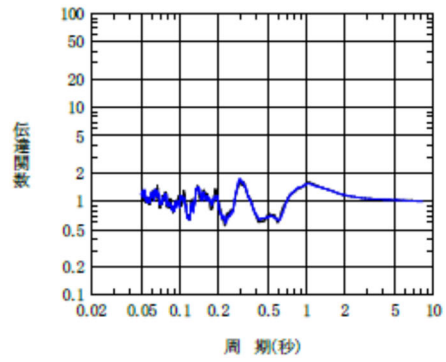
② GL-2m/GL-125m



⑤ GL-18m/GL-200m



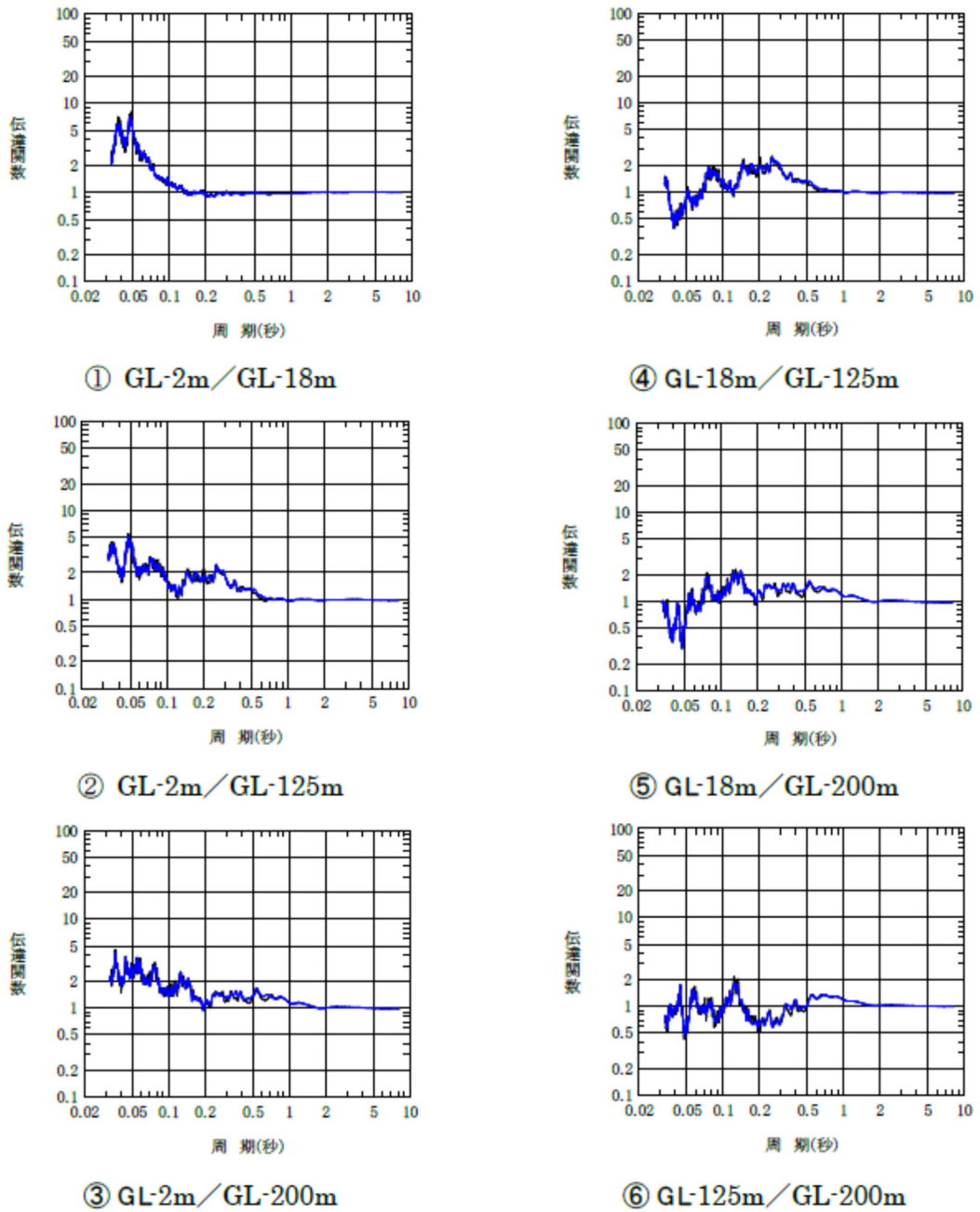
③ GL-2m/GL-200m



⑥ GL-125m/GL-200m

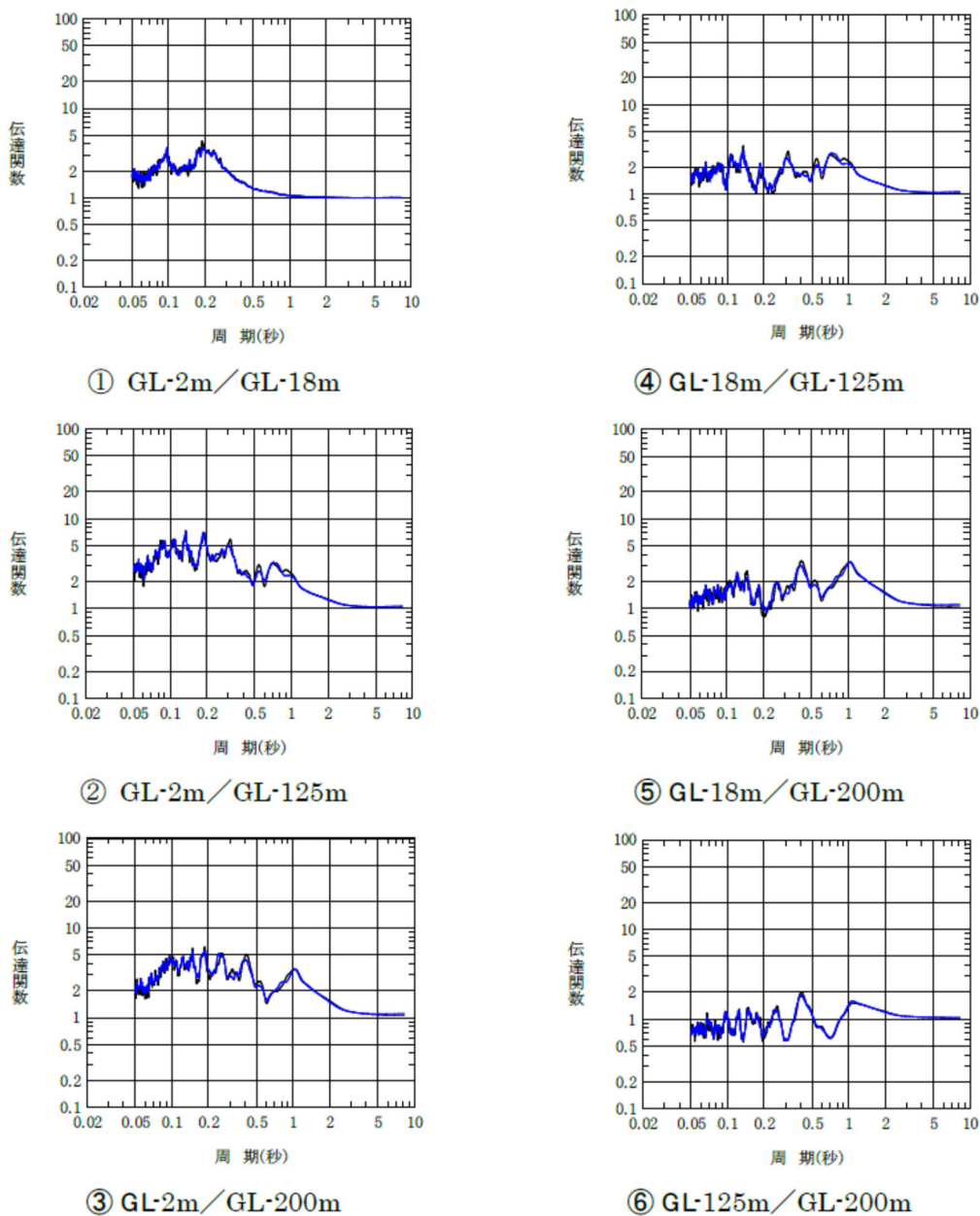
第 6.3.3-7 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(中央地盤観測点, 水平)

— 14 地震
— 30 地震



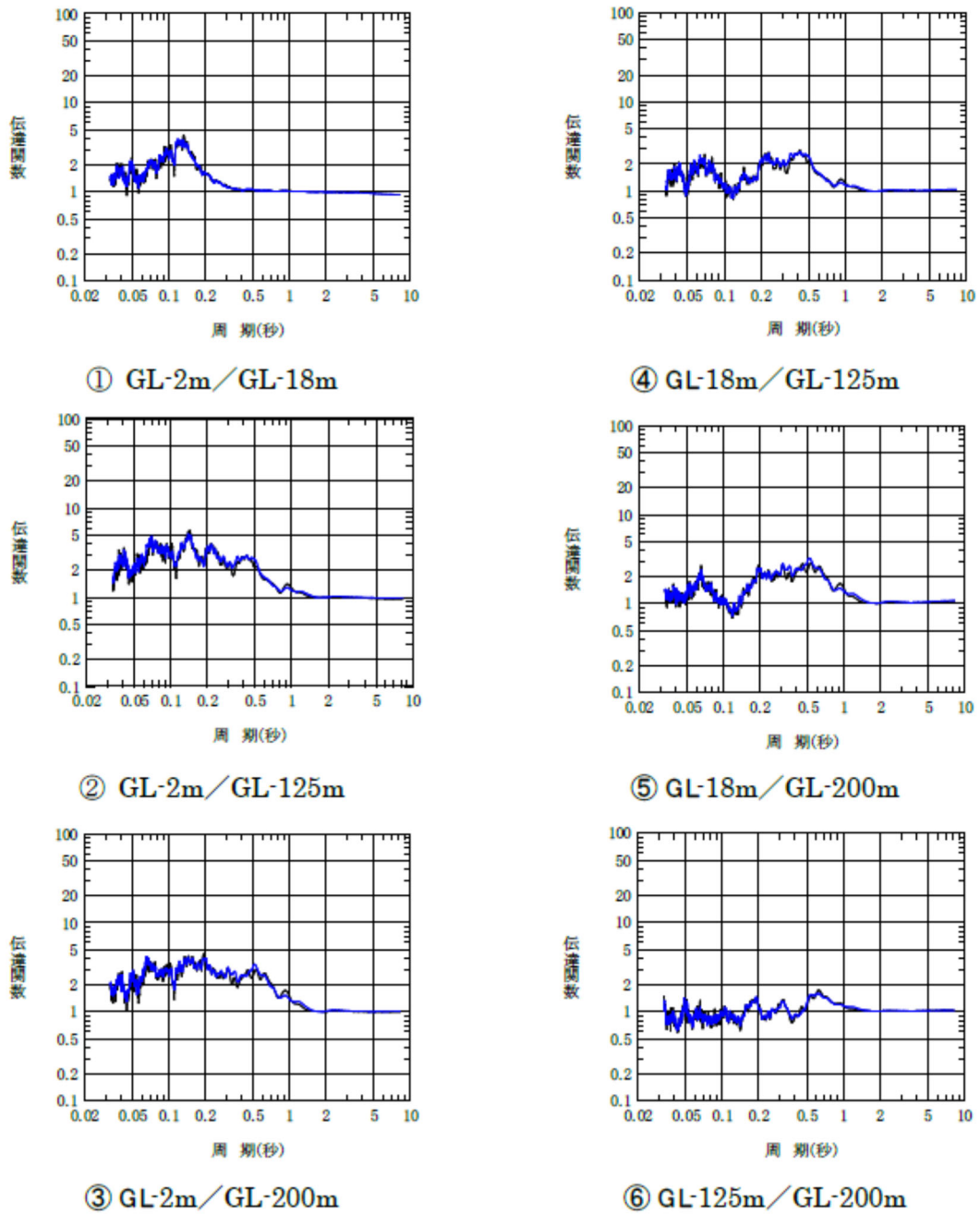
第 6.3.3-8 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(中央地盤観測点, 鉛直)

— 12地震
— 30地震



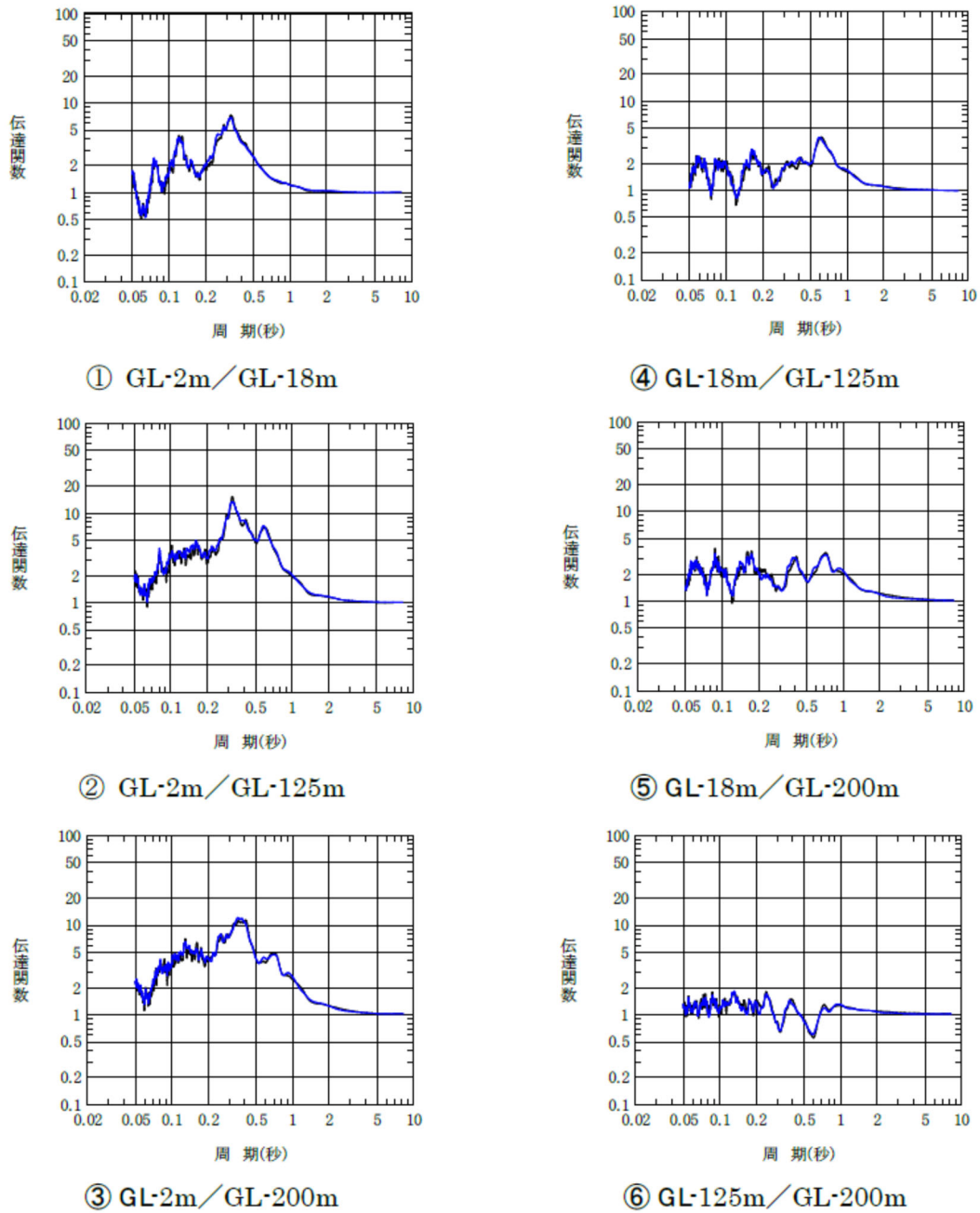
第 6.3.3-9 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(西側地盤観測点, 水平)

— 12地震
— 30地震



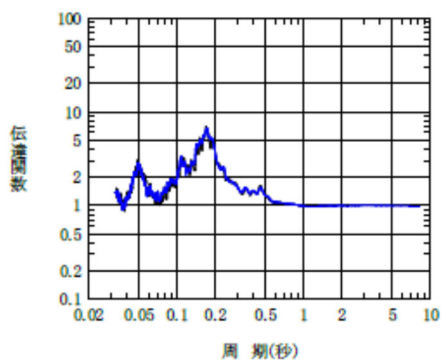
第 6.3.3-10 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(西側地盤観測点, 鉛直)

— 12 地震
— 30 地震

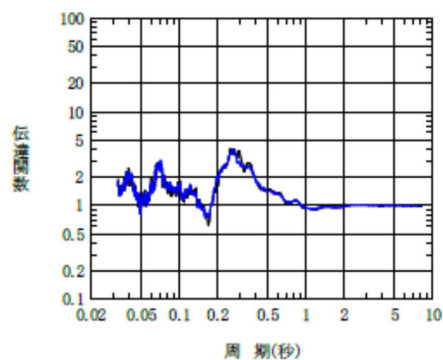


第 6.3.3-11 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(東側地盤観測点, 水平)

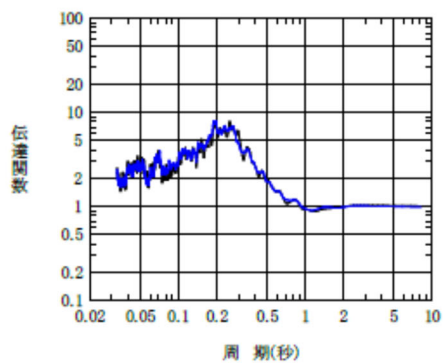
— 12 地震
— 30 地震



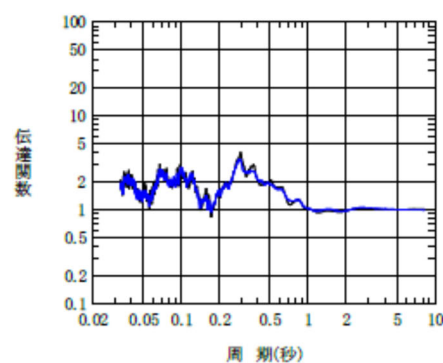
① GL-2m/GL-18m



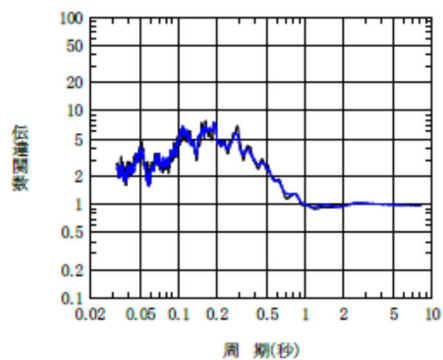
④ GL-18m/GL-125m



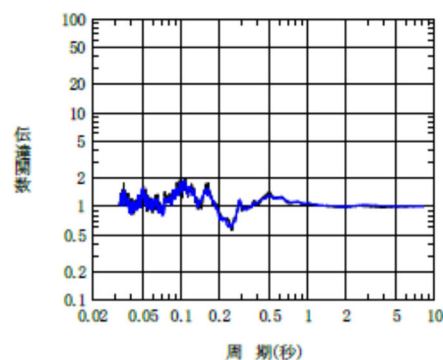
② GL-2m/GL-125m



⑤ GL-18m/GL-200m



③ GL-2m/GL-200m



⑥ GL-125m/GL-200m

第 6.3.3-12 図 地震数を増やした場合の目的関数の変動
(東側地盤観測点, 水平)

6.3.4 減衰定数の周波数依存特性の考慮

各深さの地震観測記録に対し，以下のとおり，実現象に対する説明性を考慮し，2種類の減衰モデルを考慮した検討を実施する。各考え方の概要を第6.3.4-1表に示す。

(1) 周波数依存型（リニア型）

Takemura et al. (1993) *等の知見に示されるように，周波数のべき乗に比例する関数モデル ($h=h_0 \times f^{-n}$) を仮定し，減衰定数を同定する。

このモデルは，地震観測記録に基づく地盤の減衰定数の評価に係る各種文献において採用されている設定であり，実観測記録に対する再現性に優れたモデルである。

注記 *：武村 雅之，池浦 友則，高橋 克也，石田 寛，大島 豊，：堆積地盤における地震波減衰特性と地震動評価，日本建築学会構造系論文報告集，446，pp.1-11，1993.

(2) 周波数依存型（バイリニア型）

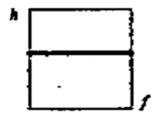

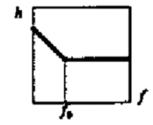
佐藤ほか（2006）*の知見に示されるように，低周波数側では減衰定数が周波数のべき乗に比例（ $h=h_0 \times f^{-n}$ ）し，ある周波数より高周波数側では下限値で頭打ちするバイリニア型関数モデルを仮定し，減衰定数を同定する。

このとき，S波速度については，各周波数帯における伝達関数のピークについては，「(1) 周波数依存型（リニア型）」において再現されるように既に同定が行われていることから，S波速度は「(1) 周波数依存型（リニア型）」のものを用い，減衰定数のみを変数として同定を実施する。

同定にあたっては，折れ点の周波数 f_0 を探索パラメータとすることも考えられるが，本検討においては，上記「(1) 周波数依存型（リニア型）」による検討との差を把握するために，佐藤ほか（2006）の知見における f_0 の範囲 10Hz～20Hz のうち，低周波数側の 10Hz 以上の高周波数側で頭打ちすることを仮定することで，上記「(1) 周波数依存型（リニア型）」における設定との差が最大になるように設定する。

注記 *：佐藤 浩章，金谷 守，大鳥 靖樹：減衰定数の下限値を考慮したスペクトル比の逆解析による同定手法の提案-岩盤における鉛直アレイ記録への適用と減衰特性の評価-，日本建築学会構造系論文報告集第 604 号，p55-62，2006.

第 6.3.4-1 表 減衰定数の周波数依存性の考え方

種別	減衰定数モデル式	モデル形状	文献
周波数依存性なし	$h=h_0$		Ohta(1975) 等
周波数依存型 (リニア型)	$h(f)=h_0f^{-n}$		Takemura et al. (1993)等
周波数依存型 (バイリニア型)	$h(f)=h_0f^{-n} \quad (f \leq f_0)$ $h(f)=h_0f_0^{-n} \quad (f > f_0)$		佐藤ほか (2006)

注記 バイリニア型における f_0 の値は 10Hz と設定。

6.3.5 評価方法及び条件

伝達関数による検討の方法としては、地震観測記録の得られている地盤の各深さ（GL-200m, GL-125m, GL-18m 及び GL-2m）間の地震動の増幅特性を最もよく説明する減衰定数を、地震観測点ごとに遺伝的アルゴリズム法により同定し、その値が地震観測記録の応答スペクトルを再現可能であることを確認する。解析条件を第 6.3.5-1 表に示す。

第 6.3.5-1 表 遺伝的アルゴリズム法による解析条件

未知数	減衰定数 (h) (周波数依存性なし)
世代交代数	30 世代
個体数	30 固体
突然変異率	2 %
交差率	70 %
未知変数のビット長	8 ビット
対象とする周波数範囲	0 ~ 20Hz

6.3.6 伝達関数による評価結果

「6.3.5 評価方法及び条件」に示した手法に従い，減衰定数を同定した結果及び伝達関数の適合状況を第 6.3.6-1～第 6.3.6-4 図及び第 6.3.6-7 図～第 6.3.6-8 図（中央地盤），第 6.3.6-9～第 6.3.6-12 図及び第 6.3.6-15～第 6.3.6-16 図（西側地盤）及び第 6.3.6-17～第 6.3.6-20 図及び第 6.3.6-23 図～第 6.3.6-24 図（東側地盤）に示す。また，各手法における減衰定数の同定結果を第 6.3.6-5 図及び第 6.3.6-6 図（中央地盤），第 6.3.6-13 図及び第 6.3.6-14 図（西側地盤）及び第 6.3.6-21 図及び第 6.3.6-22 図（東側地盤）にグラフとして示す。

(1) 中央地盤観測点

中央地盤における伝達関数による地盤物性及び減衰定数の同定結果について以下に示す。

- ・ 水平成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-1 図及び第 6.3.6-3 図に示すとおり、リニア型及びバイリニア型のいずれについても、建物・構築物の固有周期帯（約 0.2～0.3 秒）を含む周期 0.2 秒よりも長周期側において、伝達関数の各周期帯におけるピークをよく再現している。また、周期 0.2 秒よりも短周期側においては、目的関数に明瞭な周期ごとのピークが明確になっていない傾向となっており、同定結果における高次数ピークと整合しない周期帯があるものの、全体的に伝達関数のレベルに大きな乖離は無い。
- ・ 鉛直成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-2 図及び第 6.3.6-4 図に示すとおり、概ね全周期帯において、伝達関数の各周期帯におけるピークをよく再現している。また、第 6.3.6-5 図及び第 6.3.6-6 図に示すとおり、減衰定数の値としては、水平方向よりも大きい値を与えることを確認した。
- ・ 第 6.3.6-5 図及び第 6.3.6-6 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型の減衰定数は、折れ点として設定した 0.1 秒よりも長周期側で有意な差は無いことを確認した。
- ・ 第 6.3.6-7 図及び第 6.3.6-8 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型による伝達関数を比較すると、周期 0.1 秒付近で若干の乖離があるものの、全体として同等の伝達関数が得られている。特に、今回同定の範囲（0～20Hz）で、かつ減衰定数の設定が異なる 10Hz 以上に対応する周期帯（0.05～0.1 秒）においても伝達関数に対する感度は有していない結果が得られた。

以上のことから、中央地盤については、速度構造及び減衰定数の両方が、地盤の実態をよく再現した結果が得られたと考えられる。

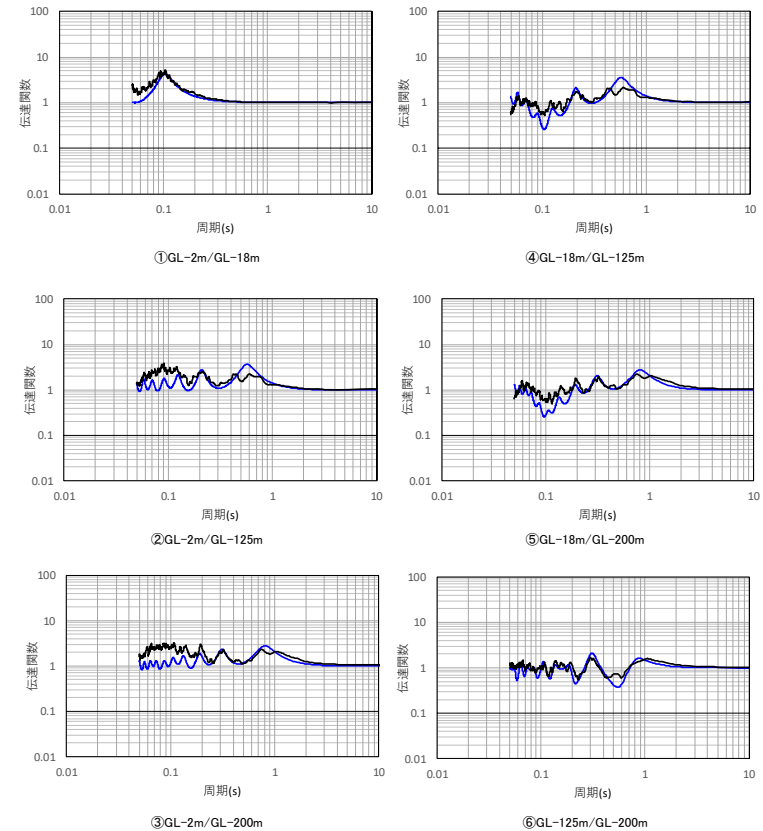
観測記録との整合性がよいと判断した考え方について追記

$$h=h_0 \cdot f^{-n}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vs (m/s)	減衰定数	
				h ₀	n
0	2	1.94	470	0.3	0.8
-2	1.5	1.94	470		
-3.5	1.5	1.94	560		
-5	13	1.64	720	0.5	0.5
-18	2	1.64	720	0.3	0.9
-20	40	1.75	760		
-60	60	1.85	830		
-120	5	1.85	950	0.3	0.9
-125	75	1.85	950		
-200	—	1.85	950		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

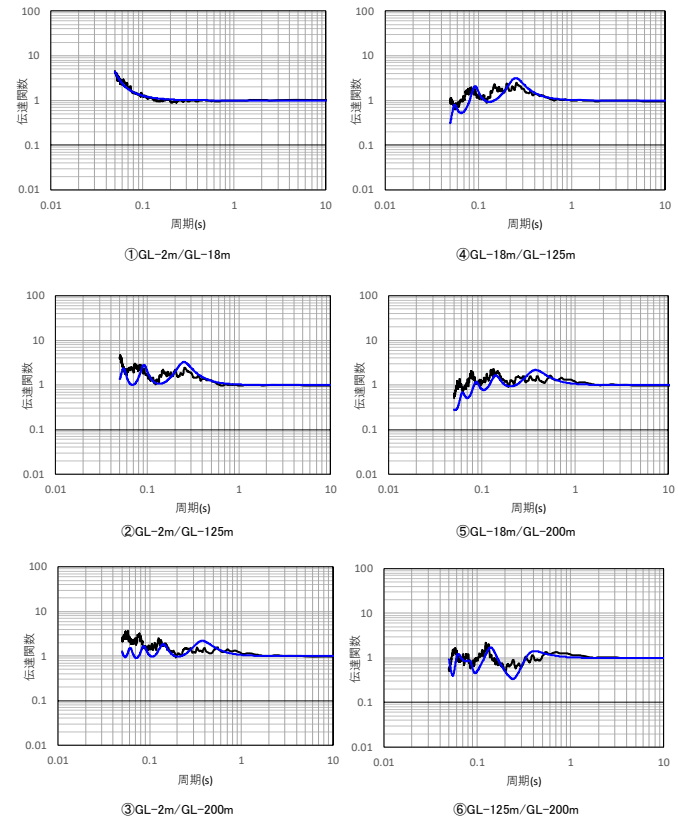
第 6.3.6-1 図 伝達関数による同定結果（中央地盤観測点：周波数依存型（リニア型），水平）

$$h=h_0 \cdot f^{-n}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0	2	1.94	1410	0.5	0.8
-2	1.5	1.94	1410		
-3.5	1.5	1.94	1560	0.7	0.6
-5	13	1.64	1640		
-18	2	1.64	1640		
-20	40	1.75	1780	0.8	1
-60	60	1.85	1860		
-120	5	1.85	1920	0.8	0.9
-125	75	1.85	1920		
-200					

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数 (観測記録の伝達関数を平均して作成)
— 周波数依存型 (リニア型)



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

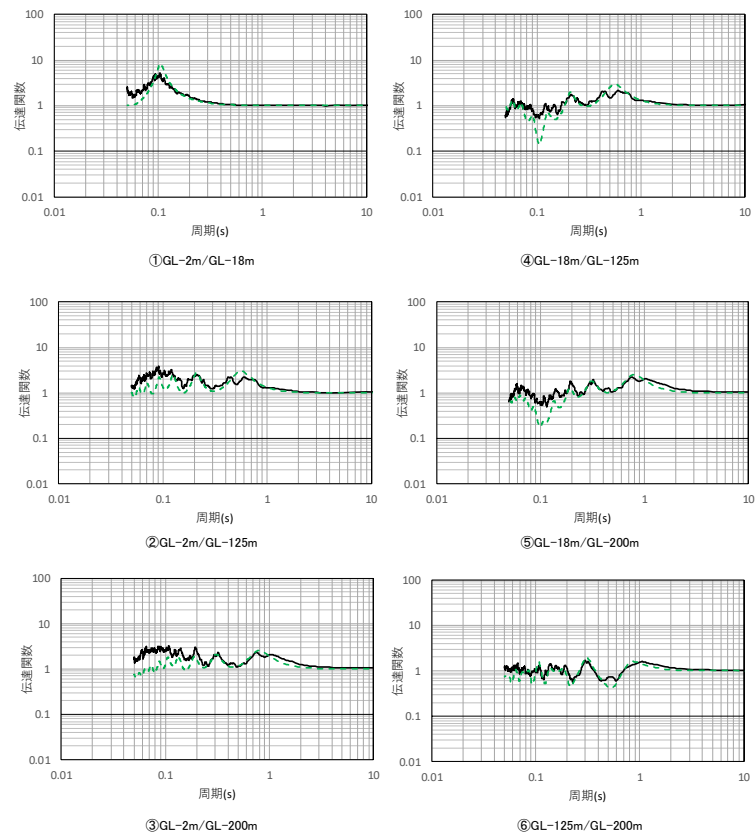
第 6.3.6-2 図 伝達関数による同定結果 (中央地盤観測点: 周波数依存型 (リニア型), 鉛直)

$h=h_0 \cdot f^{-n}$ (10Hz以上一定)

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vs (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0	2	1.94	470	0.3	0.9
-2	1.5	1.94	470		
-3.5	1.5	1.94	560		
-5	13	1.64	720	0.5	0.8
-18	2	1.64	720	0.4	1
-20	40	1.75	760		
-60	60	1.85	830		
-120	5	1.85	950	0.3	0.9
-125	75	1.85	950		
-200					

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

—— 目的関数 (観測記録の伝達関数を平均して作成)
- - - 周波数依存型 (バイリニア型)



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

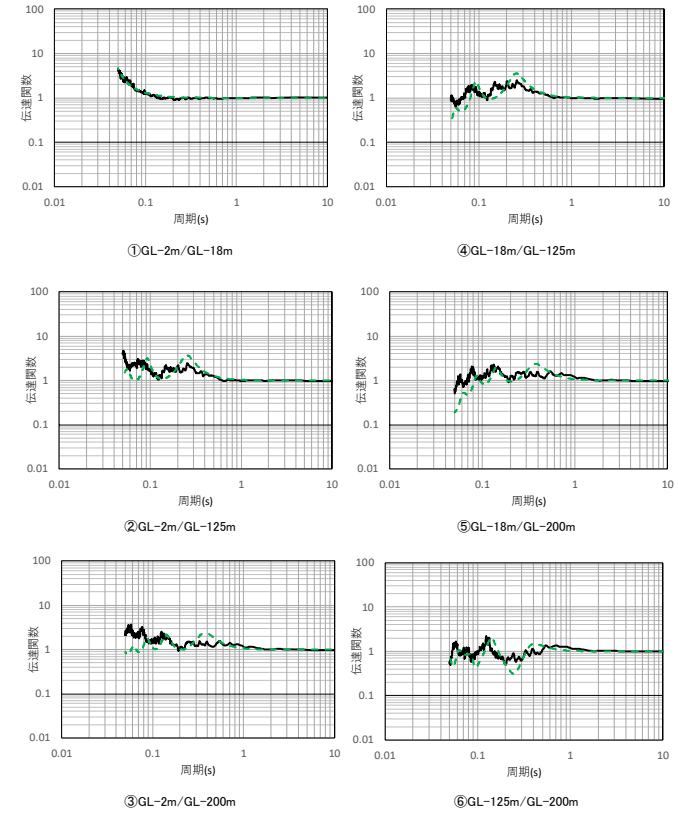
第 6.3.6-3 図 伝達関数による同定結果 (中央地盤観測点: 周波数依存型 (バイリニア型), 水平)

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 - - - 周波数依存型（バイリニア型）

$$h=h_0 \cdot f^{-n} \quad (10\text{Hz以上一定})$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0	2	1.94	1410	0.5	0.9
-2	1.5	1.94	1410		
-3.5	1.5	1.94	1560		
-5	13	1.64	1640	0.7	0.8
-18					
-20					
-60	40	1.75	1780	0.7	1
-60	60	1.85	1860		
-120	5	1.85	1920	0.8	1
-125	75	1.85	1920		
-200					

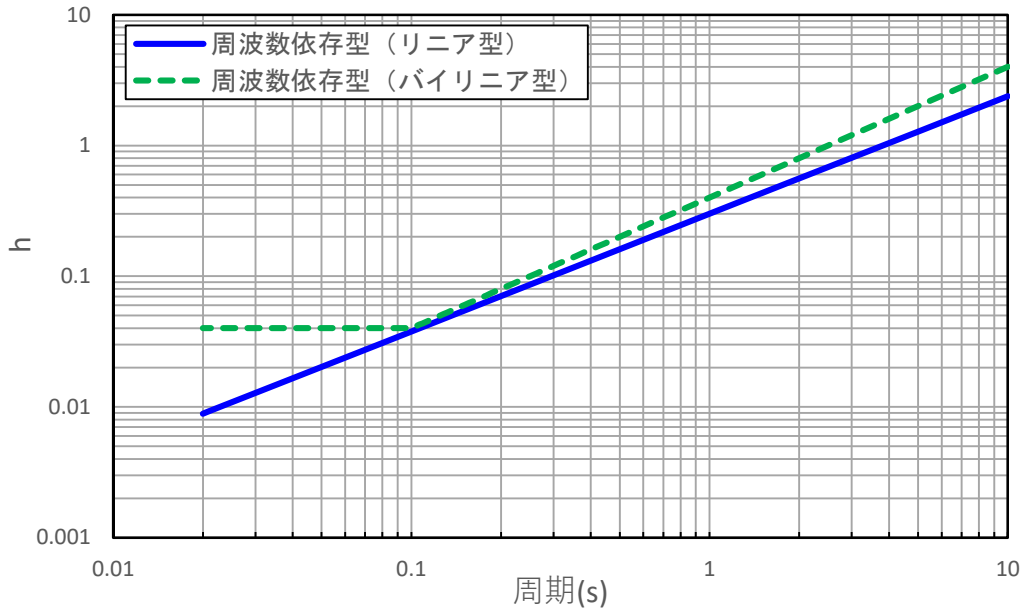
解放基盤表面～
 建屋基礎底面相当
 レベルの岩盤部分
 に相当



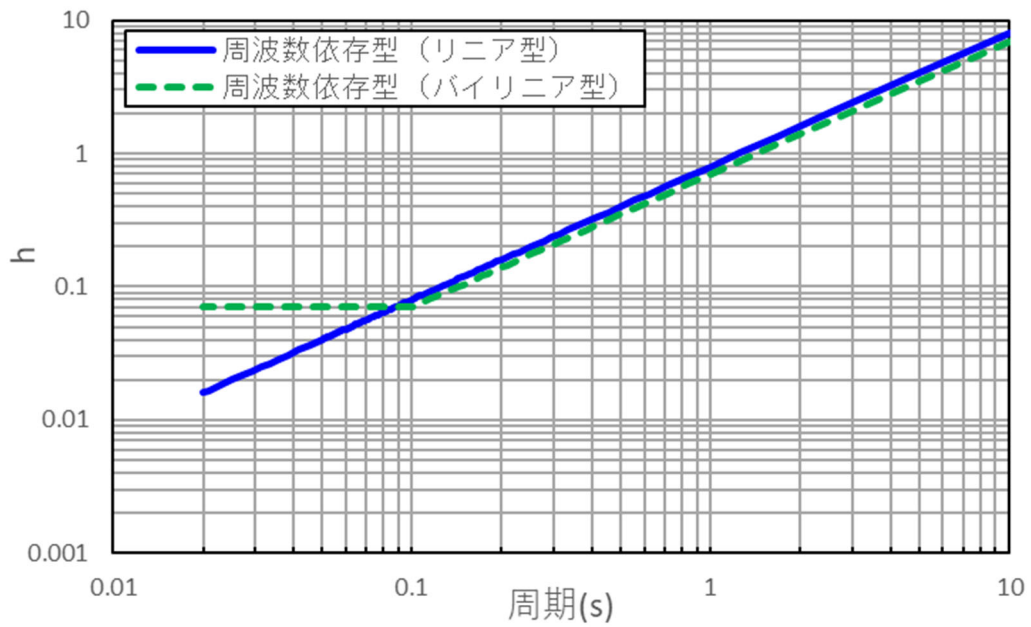
(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

第 6.3.6-4 図 伝達関数による同定結果（中央地盤観測点：周波数依存型（バイリニア型），鉛直）

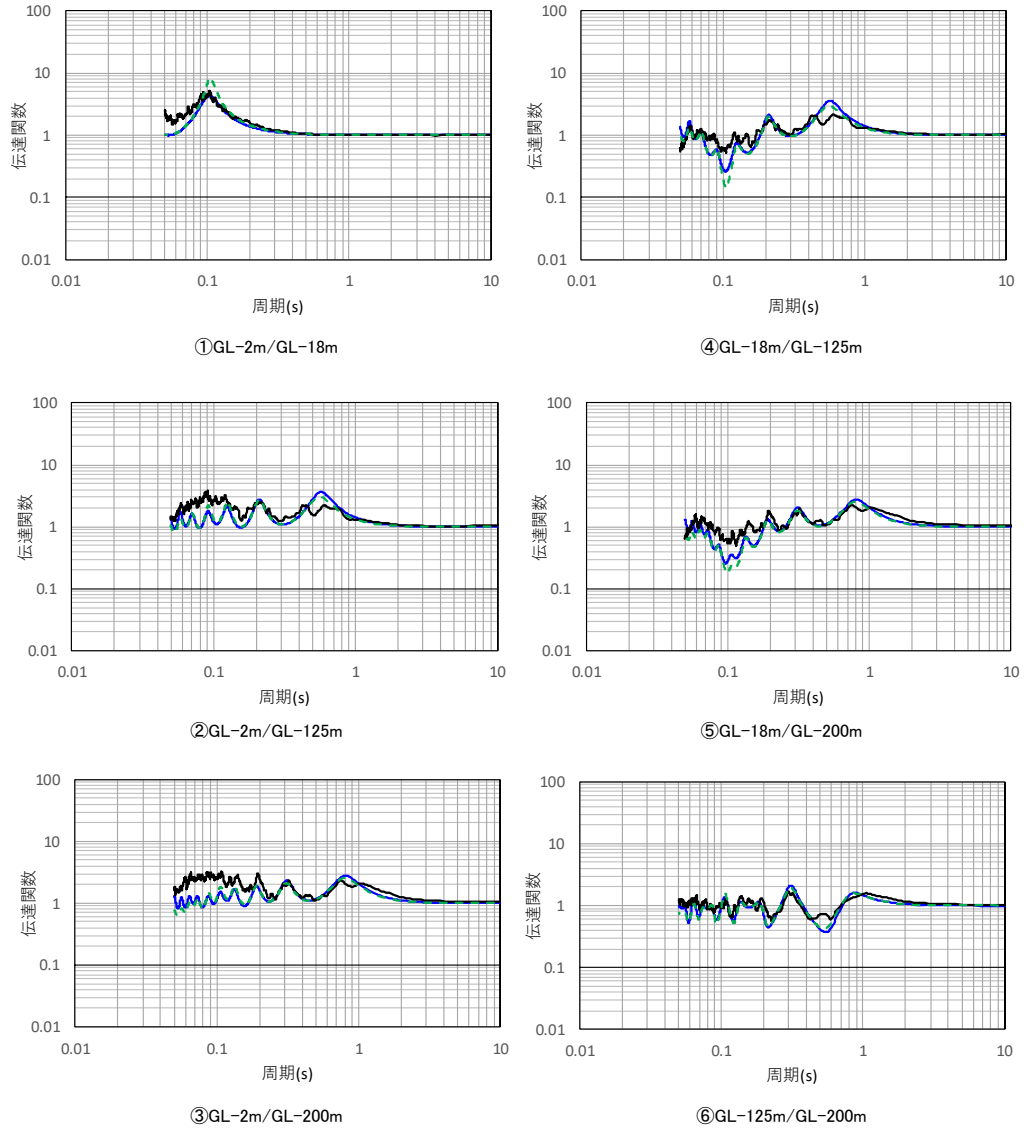


第 6.3.6-5 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(中央地盤観測点, 水平)



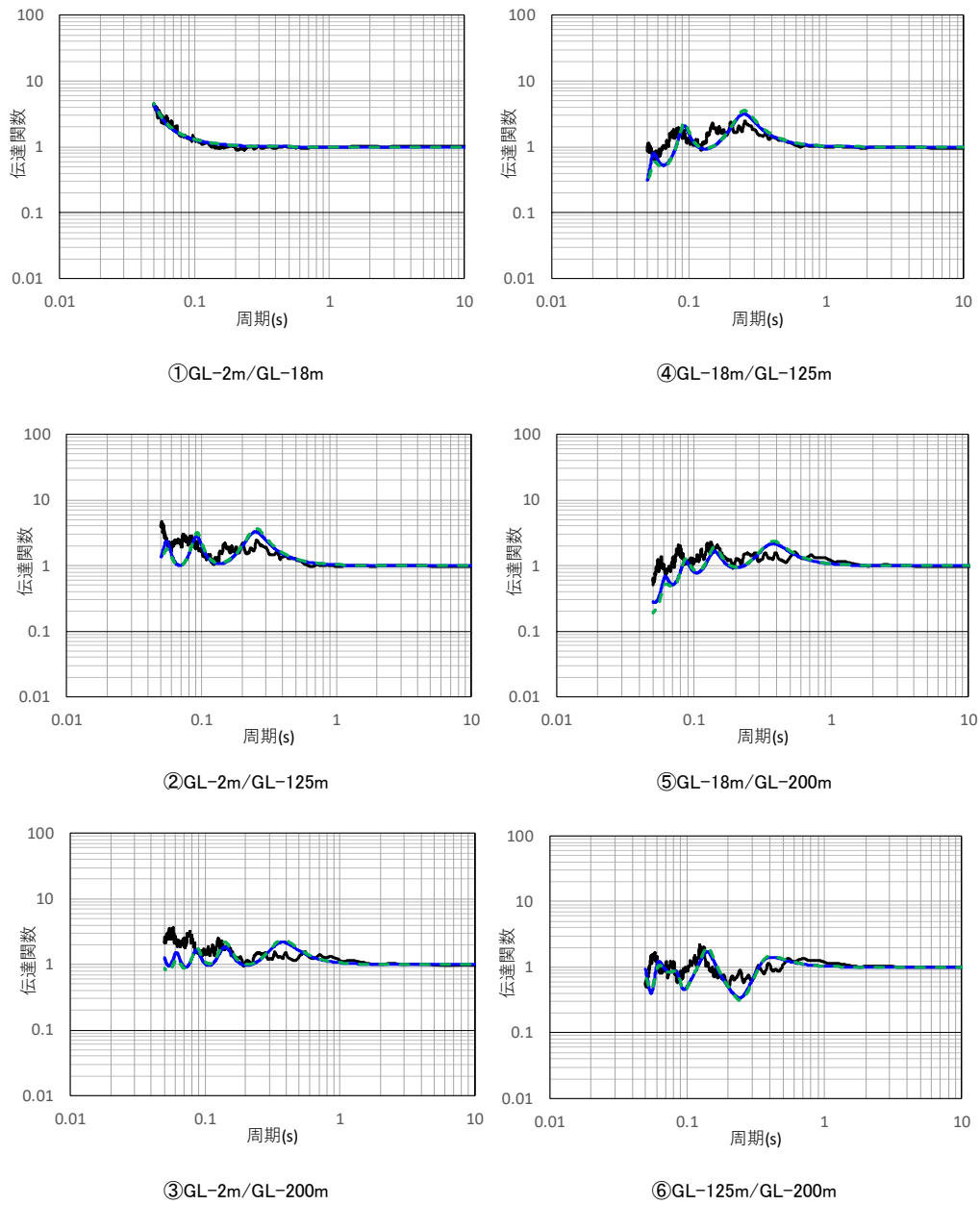
第 6.3.6-6 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(中央地盤観測点, 鉛直)

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-7 図 伝達関数の比較結果（中央地盤観測点，水平）

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-8 図 伝達関数の比較結果（中央地盤観測点，鉛直）

(2) 西側地盤観測点

西側地盤における伝達関数による地盤物性及び減衰定数の同定結果について以下に示す。

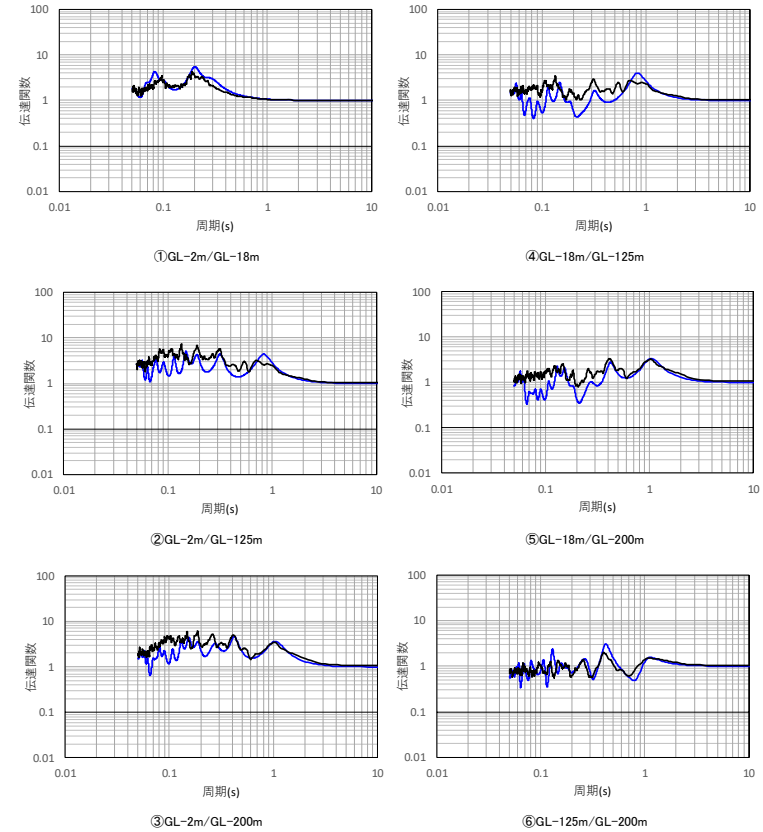
- ・ 水平成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-9 図及び第 6.3.6-11 図に示すとおり、周期約 0.4 秒以降の 1 次～2 次の伝達関数のピークについては、地震観測記録による伝達関数をよく説明する結果が得られているものの、一部周期帯（0.1 秒付近及び 0.2 秒～0.4 秒）の高次成分において、観測記録にみられるピークを説明できていないことから、速度構造の同定には課題があると考えられる。
- ・ 鉛直成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-10 図及び第 6.3.6-12 図に示すとおり、概ね全周期帯において、伝達関数の各周期帯におけるピークをよく再現している。また、第 6.3.6-13 図及び第 6.3.6-14 図に示すとおり、鉛直方向の減衰定数は、水平方向よりも大きい値を与えることを確認した。
- ・ 第 6.3.6-13 図及び第 6.3.6-14 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型の減衰定数は、折れ点として設定した 0.1 秒よりも長周期側で有意な差は無いことを確認した。
- ・ 第 6.3.6-15 図及び第 6.3.6-16 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型による伝達関数を比較すると、有意な差が無い結果が得られている。特に、今回同定の範囲（0～20Hz）で、かつ減衰定数の設定が異なる 10Hz 以上に対応する周期帯（0.05～0.1 秒）においても伝達関数に対する感度は有していない結果が得られた。

以上のことから、西側地盤については、地震観測記録に対して高次数側での再現性に課題が残る。

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs(m/s)	減衰定数	
				h ₀	n
0	1	1.73	15	0.9	0.8
1.00	1	1.73	60		
2.00	1	1.73	120	0.2	0.9
3.00	7.1	1.73	200		
10.1	7.9	2.02	480	0.1	0.9
18.00	18.82	2.02	480		
36.82	75.78	1.59	590	0.2	1.0
112.60					
125.00	63.87	1.75	760	0.2	0.9
188.87					
200.00	—	1.57	960		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

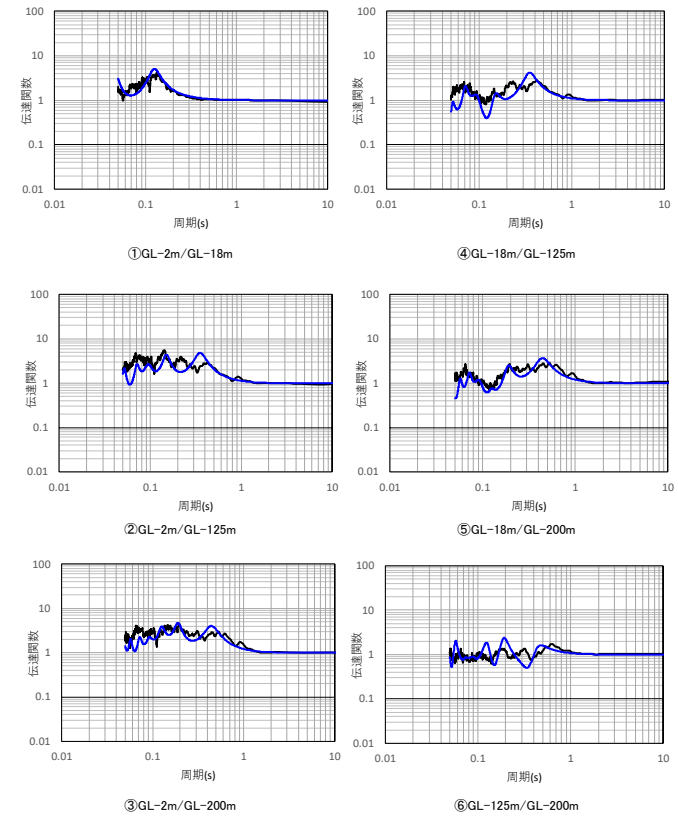
第 6.3.6-9 図 伝達関数による同定結果（西側地盤観測点：周波数依存型（リニア型），水平）

$$h=h_0 \cdot f^{-n}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0	2	1.73	370	0.4	0.4
-2	8.1	1.73	370		
-10.1	7.9	2.02	750	0.3	0.8
-18	18.82	2.02	750		
-36.82	75.78	1.59	1460	0.4	0.9
-112.6	12.4	1.75	1980	0.4	0.9
-125	63.87	1.75	1980		
-188.87	11.13	1.57	2190		
-200	—	1.57	2190		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

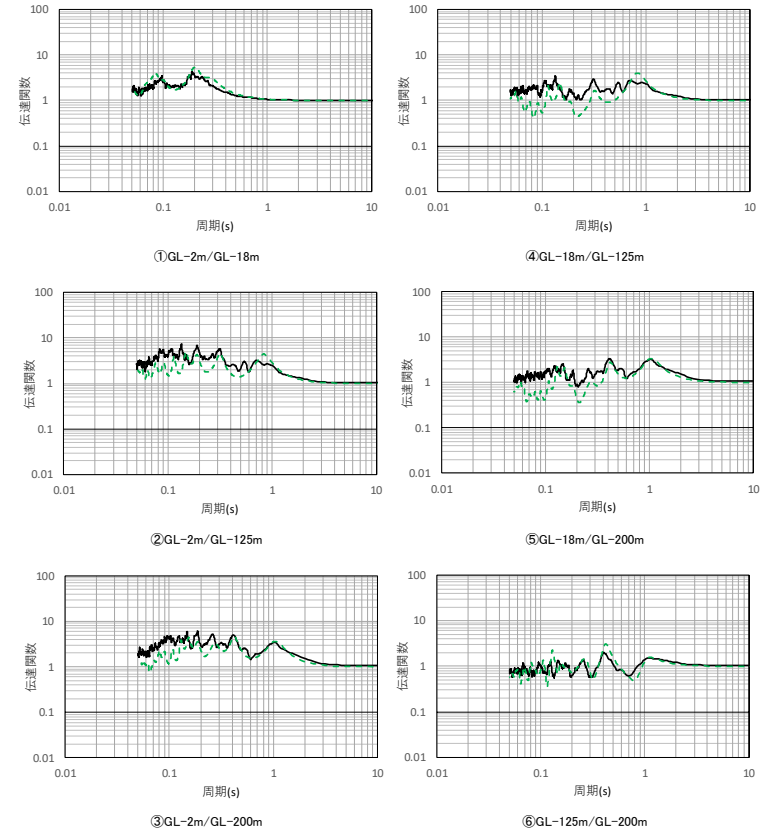
第 6.3.6-10 図 伝達関数による同定結果（西側地盤観測点：周波数依存型（リニア型），鉛直）

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 - - - 周波数依存型（バイリニア型）

$$h=h_0 \cdot f^{-n} \quad (10\text{Hz以上一定})$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 V_s (m/s)	減衰定数			
				h_0	n		
0	1	1.73	15	0.8	0.7		
-1.00	1	1.73	60				
-2.00	1	1.73	120	0.2	0.9		
-3.00	7.1	1.73	200				
-10.1	7.9	2.02	480	0.1	0.9		
-18.00	18.82	2.02	480				
-36.82	75.78	1.59	590	0.2	1.0		
-112.60				12.40	1.75	0.2	0.9
-125.00				63.87	1.75		
-188.87	11.13	1.57	960				
-200.00	—	1.57	960				

解放基盤表面～
 建屋基礎底面相当
 レベルの岩盤部分
 に相当



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

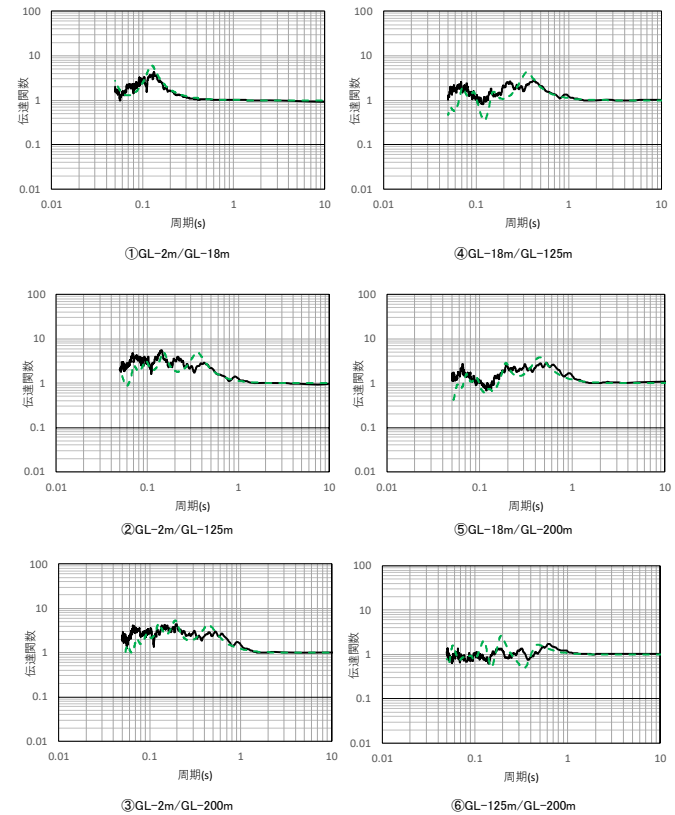
第 6.3.6-11 図 伝達関数による同定結果（西側地盤観測点：周波数依存型（バイリニア型），水平）

$h=h_0 \cdot f^{-n}$ (10Hz以上一定)

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0	2	1.73	370	0.5	0.6
-2	8.1	1.73	370		
-10.1	7.9	2.02	750	0.3	0.9
-18	18.82	2.02	750		
-36.82	75.78	1.59	1460	0.4	0.9
-112.6	12.4	1.75	1980	0.4	1
-125	63.87	1.75	1980		
-188.87	11.13	1.57	2190		
-200	—	1.57	2190		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

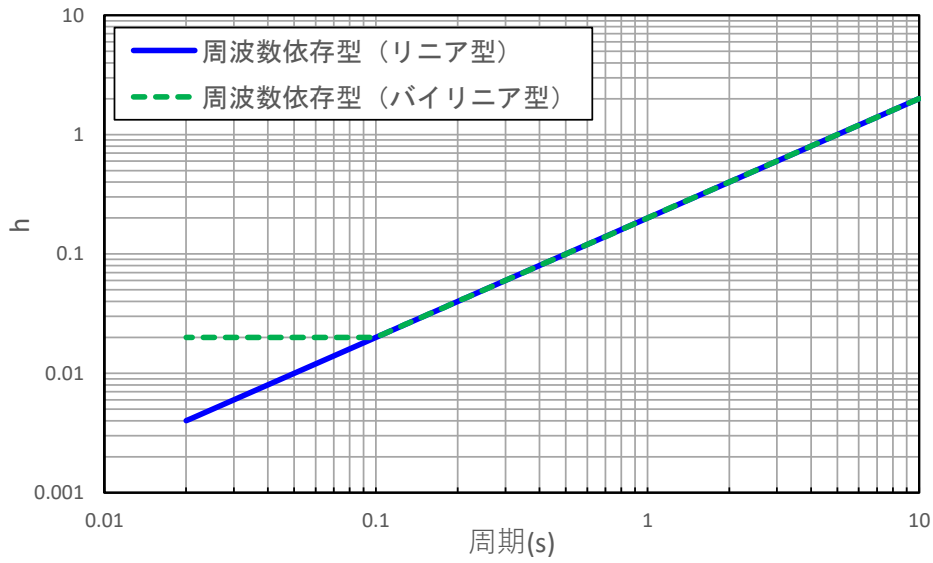
—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
- - - 周波数依存型（バイリニア型）



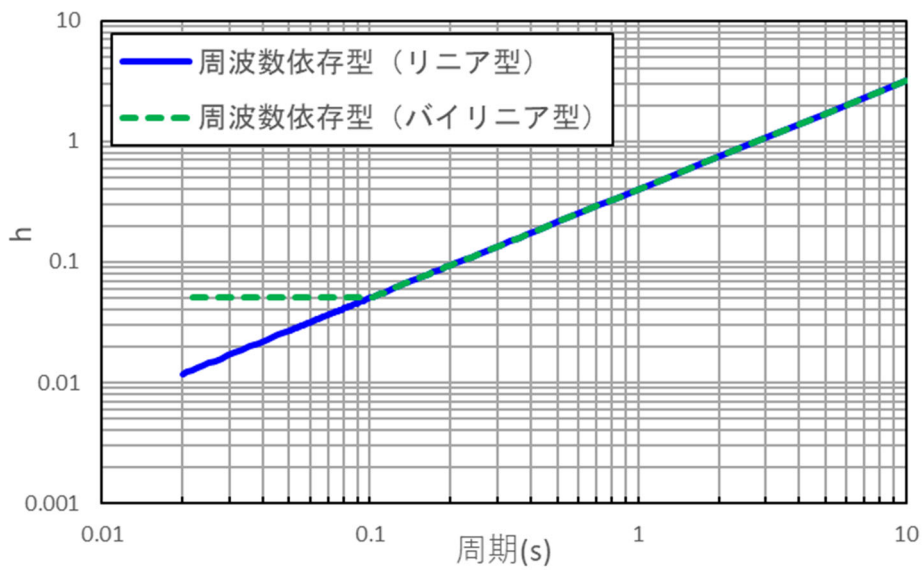
(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

第 6.3.6-12 図 伝達関数による同定結果（西側地盤観測点：周波数依存型（バイリニア型），鉛直）

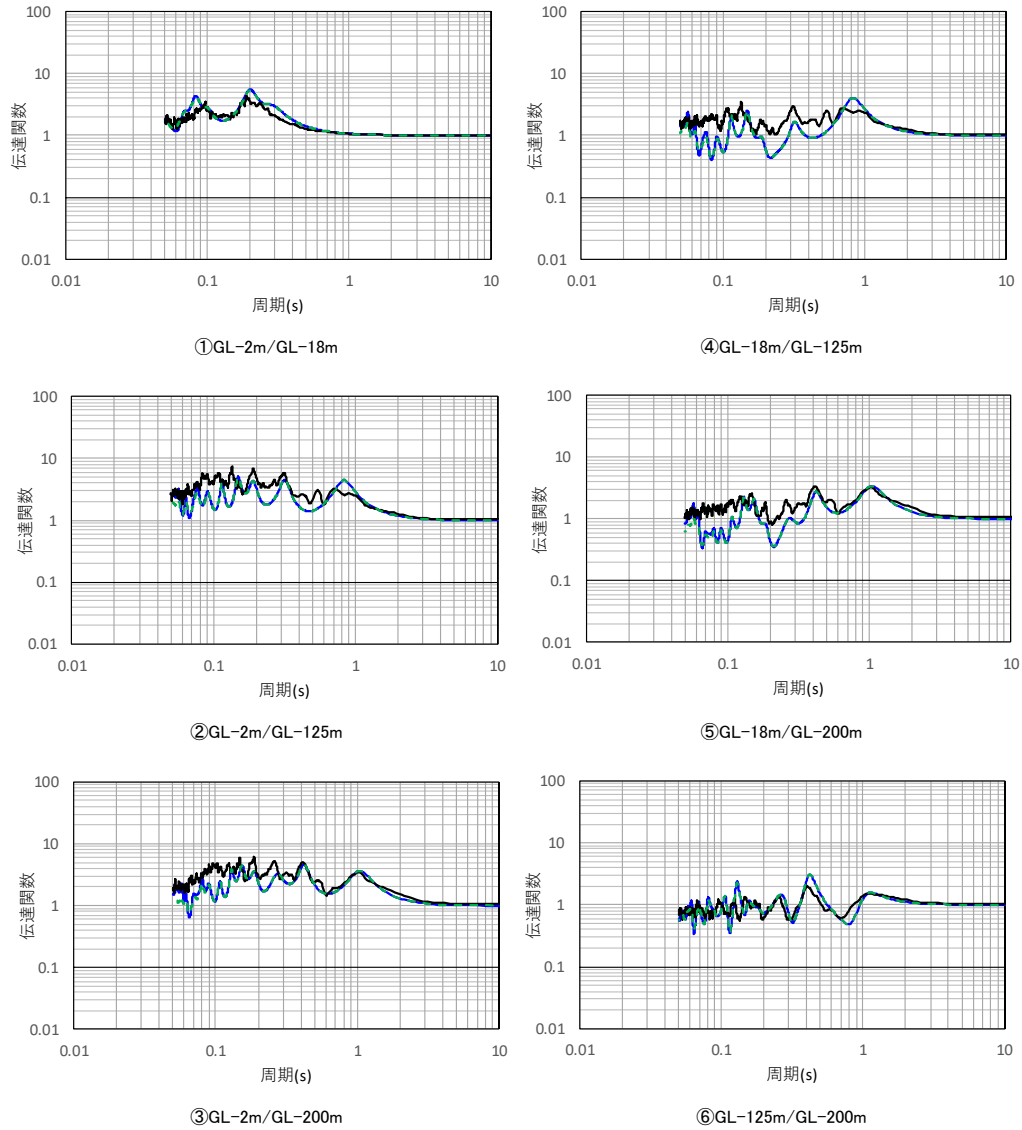


第 6.3.6-13 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(西側地盤観測点, 水平)



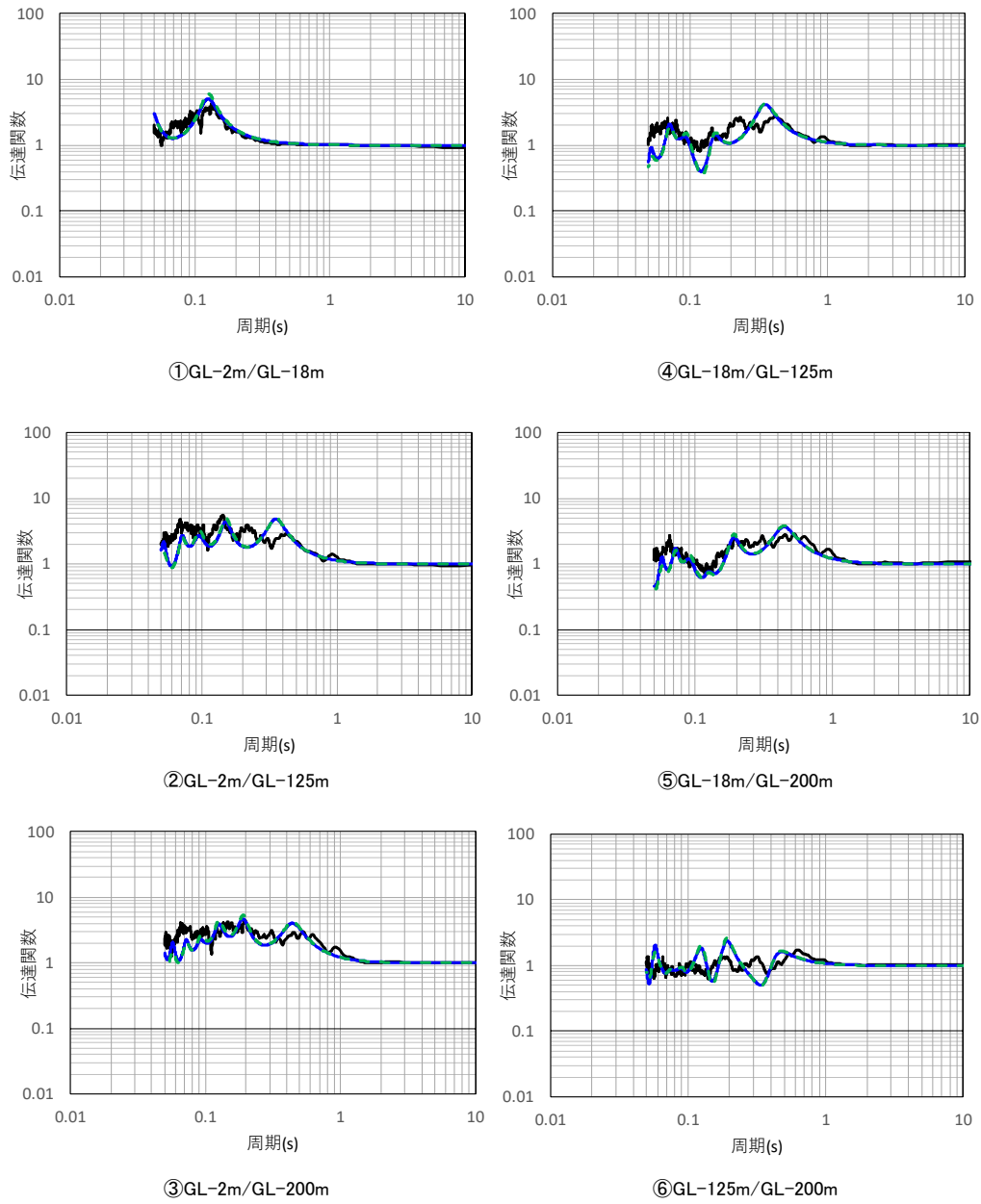
第 6.3.6-14 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(西側地盤観測点, 鉛直)

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-15 図 伝達関数の比較結果（西側地盤観測点，鉛直）

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-16 図 伝達関数の比較結果（西側地盤観測点，鉛直）

(3) 東側地盤観測点

東側地盤における伝達関数による地盤物性及び減衰定数の同定結果について以下に示す。

- ・ 水平成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-17 図及び第 6.3.6-19 図に示すとおり、概ね全周期帯において地震観測記録による伝達関数をよく説明する結果が得られているものの、一部周期帯（0.4 秒付近）において、観測記録にみられるピークを説明できていないことから、速度構造の同定には課題があると考えられる。
- ・ 鉛直成分の伝達関数の傾向としては、第 6.3.6-18 図及び第 6.3.6-20 図に示すとおり、概ね全周期帯において、伝達関数の各周期帯におけるピークをよく再現している。また、第 6.3.6-21 図及び第 6.3.6-22 図に示すとおり、鉛直方向の減衰定数は、水平方向よりも大きい値を与えることを確認した。
- ・ 第 6.3.6-21 図及び第 6.3.6-22 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型の減衰定数は、折れ点として設定した 0.1 秒よりも長周期側で有意な差は無いことを確認した。
- ・ 第 6.3.6-23 図及び第 6.3.6-24 図に示すとおり、リニア型とバイリニア型による伝達関数を比較すると、有意な差が無い結果が得られている。特に、今回同定の範囲（0～20Hz）で、かつ減衰定数の設定が異なる 10Hz 以上に対応する周期帯（0.05～0.1 秒）においても伝達関数に対する感度は有していない結果が得られた。

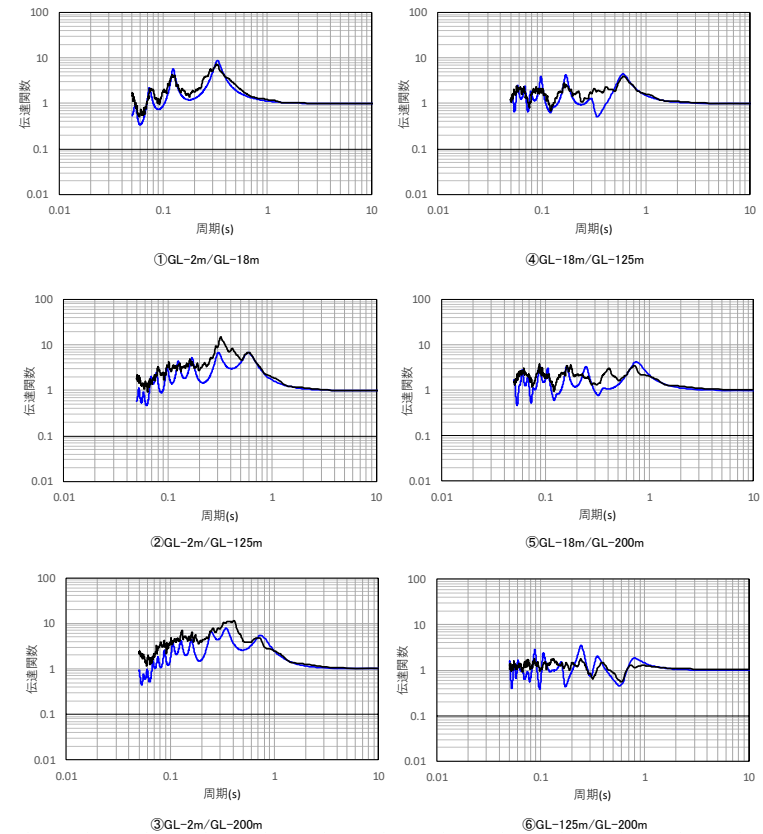
以上のことから、東側地盤については、地震観測記録に対して高次数側での再現性に課題が残る。

$$h=h_0 \cdot f^{-n}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 Vs(m/s)	減衰定数				
				h_0	n			
0	2	1.69	140	0.8	0.7			
2.00	6.33	1.69	160	0.2	0.9			
8.33	6.4	1.69	210					
-14.73	3.27	1.72	290	0.2	0.9			
-18.00	0.68	1.72	290					
-18.68	97.05	1.59	830	0.2	0.9			
-115.73						9.27	1.82	1140
-125.00						34.31	1.82	1140
-159.31						40.69	1.90	1150
-200.00	—	1.90	1150					

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

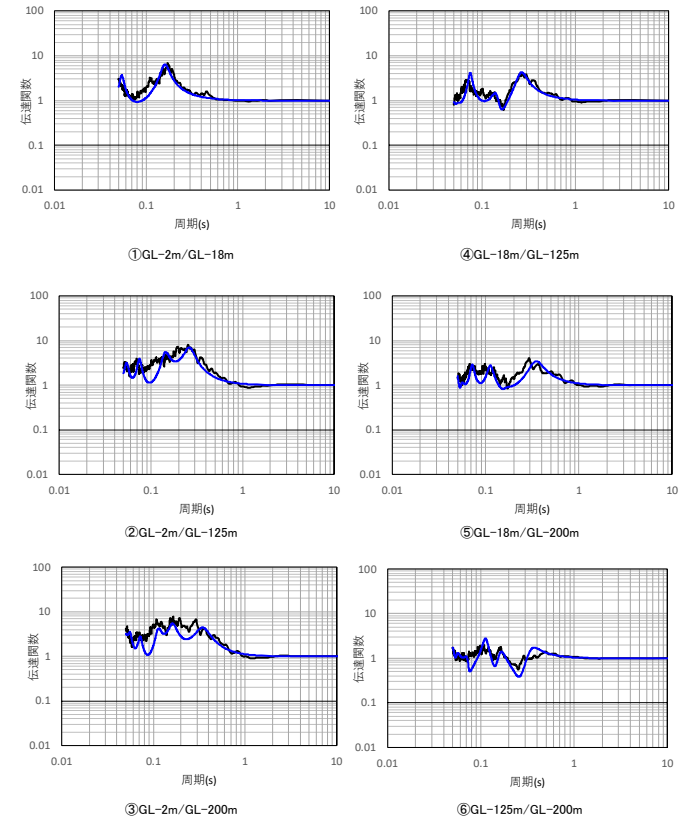
第 6.3.6-17 図 伝達関数による同定結果（東側地盤観測点：周波数依存型（リニア型），水平）

$$h=h_0 \cdot f^{-n}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0.00	2.00	1.69	380	0.3	0.6
-2.00	12.73	1.69	380		
-14.73	3.27	1.72	860	0.3	0.7
-18.00	0.68	1.72	860		
-18.68	97.05	1.59	1930	0.4	0.9
-115.73	9.27	1.82	2150	0.5	0.8
-125.00	34.31	1.82	2150		
-159.31	40.69	1.90	2370		
-200.00	—	1.90	2370		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

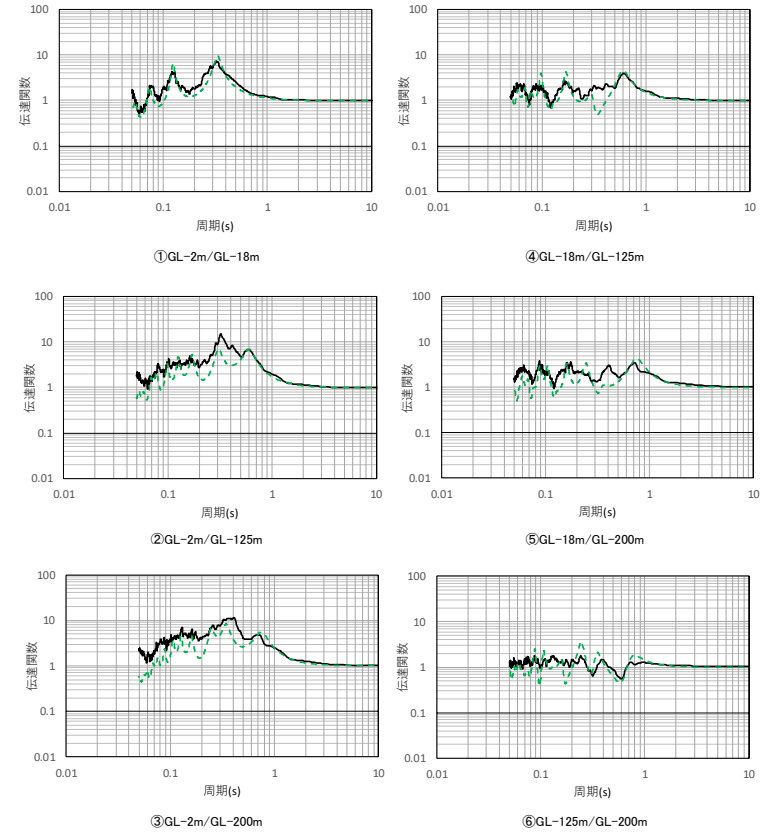
第 6.3.6-18 図 伝達関数による同定結果（東側地盤観測点：周波数依存型（リニア型），鉛直）

$$h=h_0 \cdot f^{-n} \text{ (10Hz以上一定)}$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	S波速度 V_s (m/s)	減衰定数				
				h_0	n			
0	2	1.69	140	0.8	0.7			
2.00	6.33	1.69	160	0.2	0.9			
8.33	6.4	1.69	210					
-14.73	3.27	1.72	290	0.1	0.9			
-18.00	0.68	1.72	290					
-18.68	97.05	1.59	830	0.2	0.9			
-115.73						9.27	1.82	1140
-125.00						34.31	1.82	1140
-159.31						40.69	1.90	1150
-200.00	—	1.90	1150					

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
- - - 周波数依存型（バイリニア型）



(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

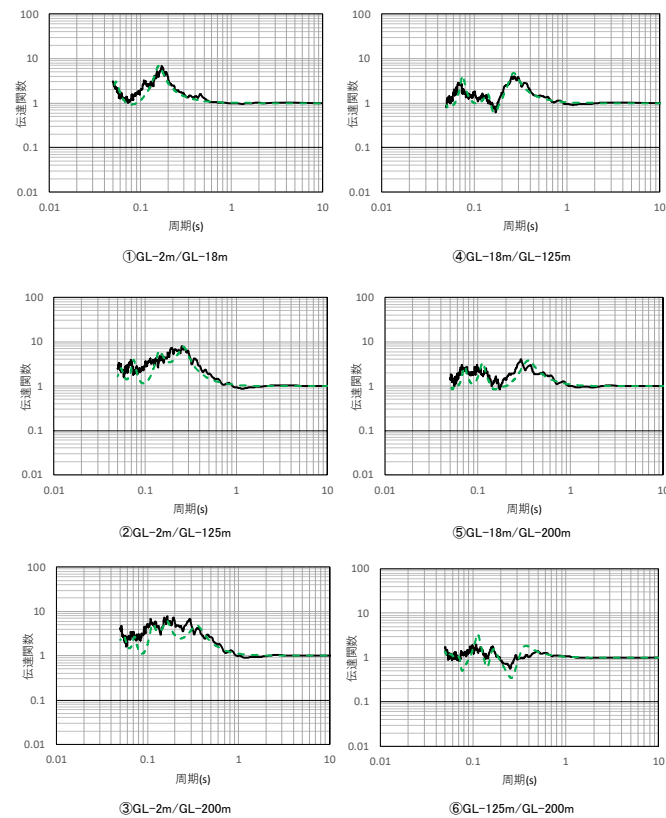
第 6.3.6-19 図 伝達関数による同定結果（東側地盤観測点：周波数依存型（バイリニア型），水平）

$$h=h_0 \cdot f^{-n} \quad (10\text{Hz以上一定})$$

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	Vp (m/s)	減衰定数	
				h_0	n
0.00	2.00	1.69	380	0.4	0.8
-2.00	12.73	1.69	380		
-14.73	3.27	1.72	860	0.3	0.8
-18.00	0.68	1.72	860		
-18.68	97.05	1.59	1930	0.4	1.0
-115.73					
-125.00					
-159.31	40.69	1.90	2370	0.5	0.9
-200.00	—	1.90	2370		

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

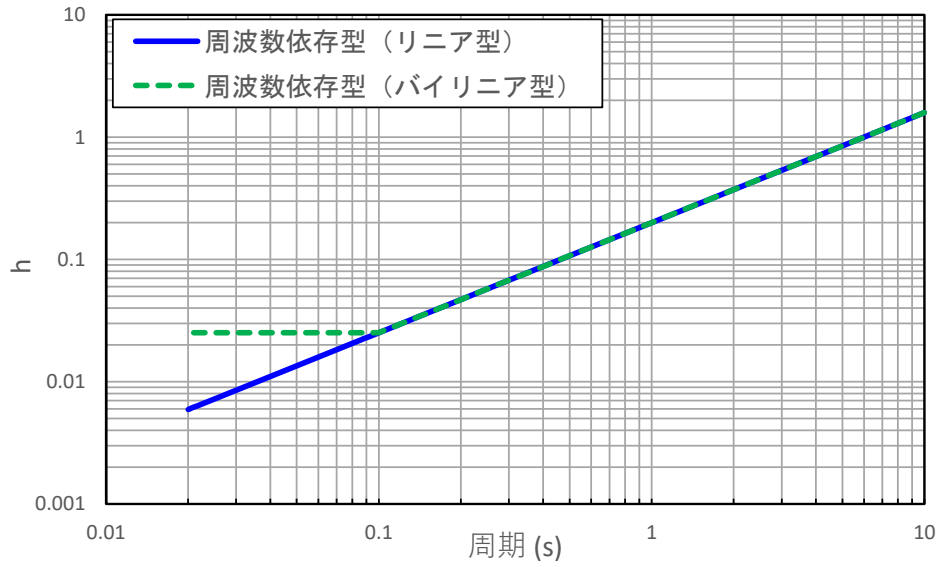
—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
- - - 周波数依存型（バイリニア型）



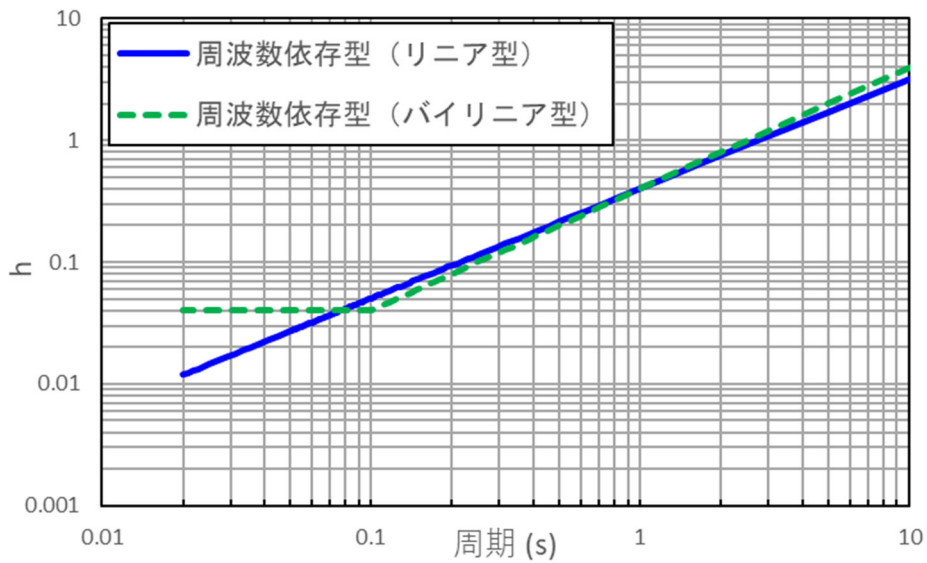
(a) 同定された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

第 6.3.6-20 図 伝達関数による同定結果（東側地盤観測点：周波数依存型（バイリニア型），鉛直）

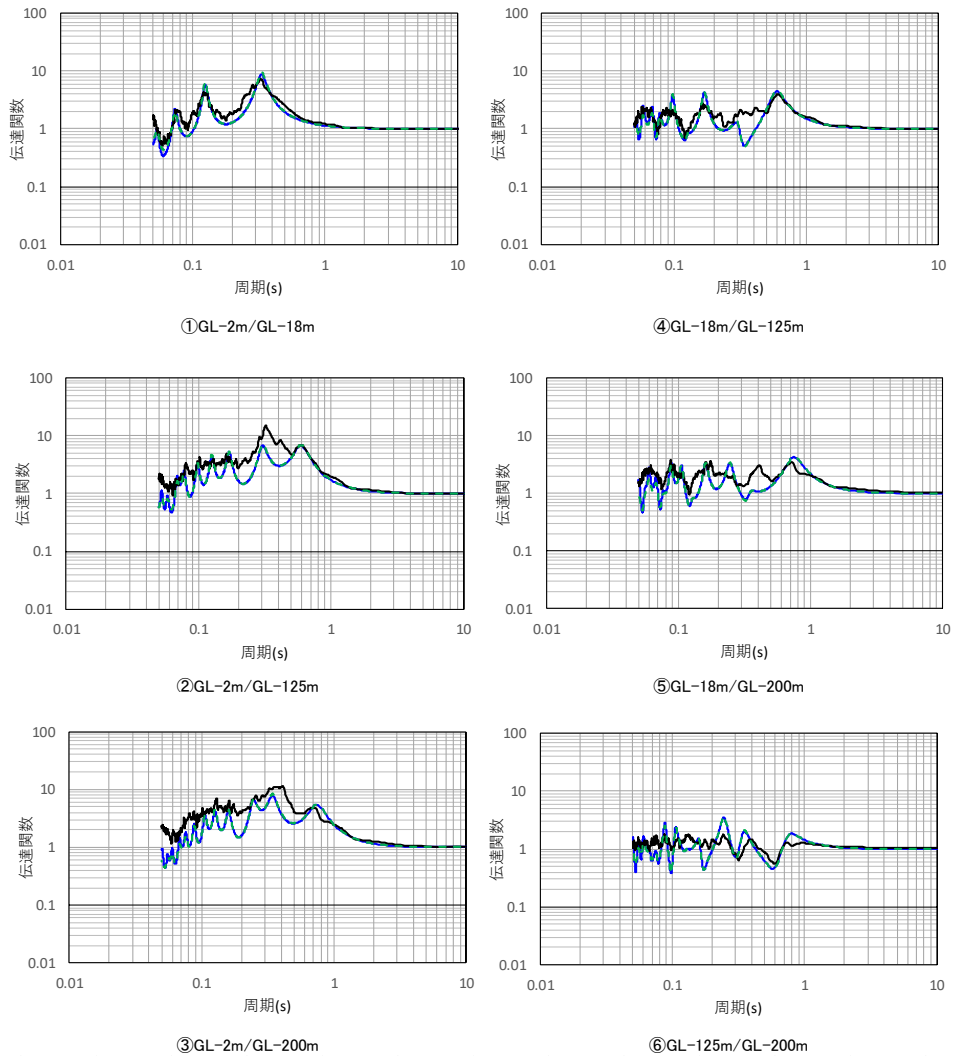


第 6.3.6-21 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(東側地盤観測点, 水平)



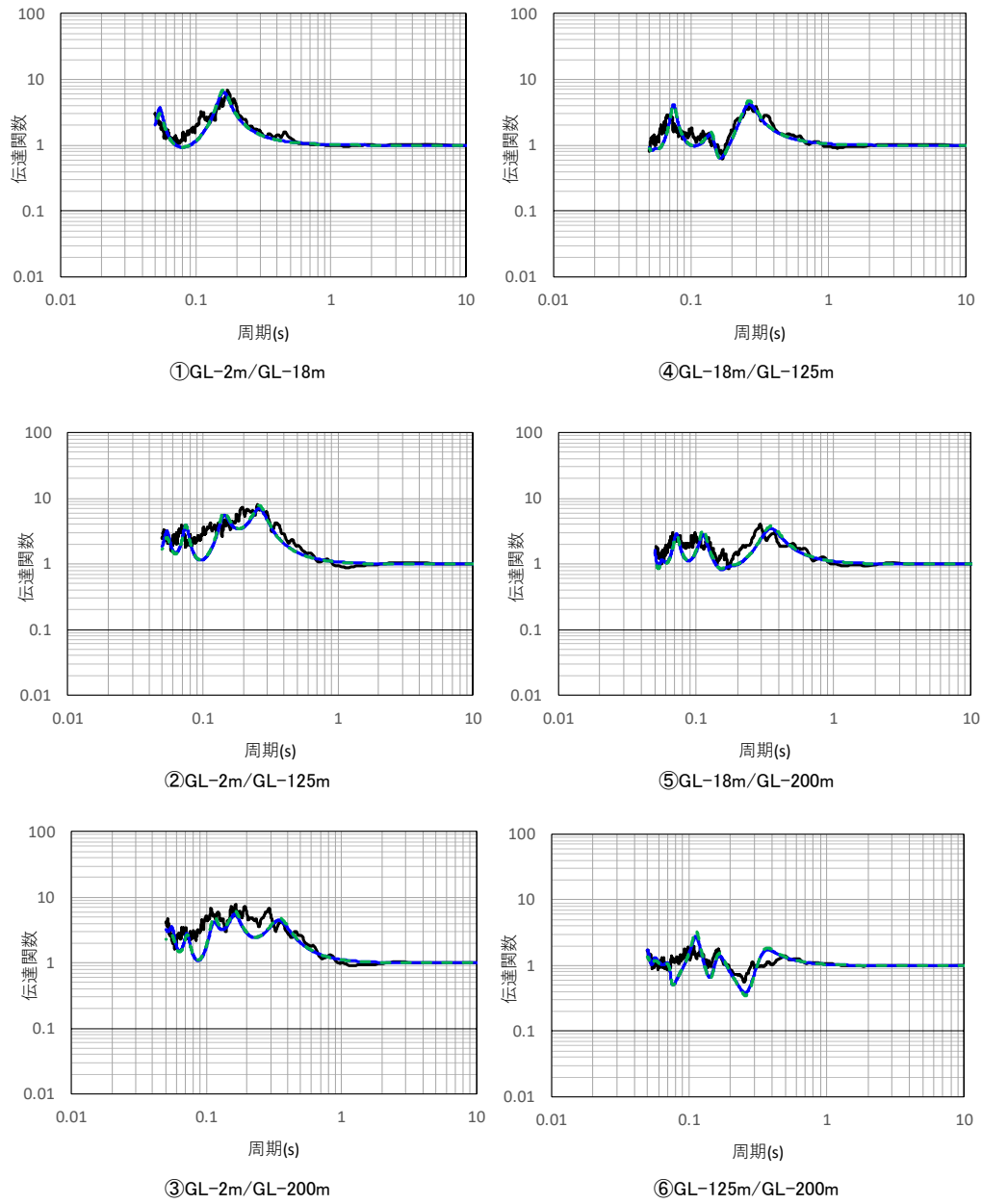
第 6.3.6-22 図 周波数依存特性の差による減衰定数の同定結果
(東側地盤観測点, 鉛直)

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-23 図 伝達関数の比較結果（東側地盤観測点，水平）

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
 — 周波数依存型（バイリニア型）
 - - 周波数依存型（バイリニア型）



第 6.3.6-24 図 伝達関数の比較結果（東側地盤観測点，鉛直）

6.3.7 応答スペクトルによる評価結果

「6.3.6 伝達関数による評価結果」に示した評価結果においては、伝達関数における各ピークの振幅比について、乖離の大きい周波数帯もみられることから、評価された減衰定数が妥当であることの確認を、応答スペクトルによる確認により実施する。具体的には、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施し、地盤応答の応答スペクトルが、地震観測記録とシミュレーション解析結果で整合するかの確認を実施した。

シミュレーション解析に用いる地震は、第 6.3.7-1 表～第 6.3.7-3 表に示す評価に用いたすべての地震について、地震観測記録の NS 成分、EW 成分及び UD 成分を対象とした。

ここで、上記に示したとおり、周波数依存特性を考慮したケースについては、リニア型とバイリニア型による仮定条件の違いが、同定結果及び伝達関数の適合状況に有意な差を与えていないことを確認したため、リニア型を代表としてシミュレーション解析を実施する。

ただし、リニア型とバイリニア型で減衰定数の同定結果に差がある 10Hz 以上の高周波数側の領域に対する念のための確認として、いずれの地震観測点においても大きな加速度が得られており、高周波数帯の地震動の成分を十分に含んでいると考えられる 3 地震（2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の地震、2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分の地震及び 2011 年 3 月 11 日 15 時 08 分の地震）に対し、バイリニア型を仮定した同定結果を用いてシミュレーション解析を実施し、リニア型による同定結果との比較を行うこととした。

シミュレーション解析は、評価された減衰定数を反映した地盤モデルに対し、最深部（GL-200m）にて観測された地震観測記録（地中波）を入力し、建物・構築物の基礎底面相当レベル（GL-18m）における地盤応答（地中波）を算出し、同レベルにおける地震観測記録（地中波）との比較を行うことで実施した。

シミュレーション解析に用いる地盤モデルは、「6.3.2 初期モデルの設定及び探索範囲」に示した各地震観測位置における初期モデルに対して第 6.3.6-1 及び第 6.3.6-2 図、第 6.3.6-9 及び第 6.3.6-10 図、第 6.3.6-17 図及び第 6.3.6-18 図に示した減衰定数の評価結果を反映したものとする。

シミュレーション解析の結果及びその結果に対する考察について以下に示す。

なお、現時点においては、「6.3.6 伝達関数による評価結果」に示したとおり、西側地盤及び東側地盤においては、一部周期帯において、同定結果における伝達関数が、観測記録を説明できていない部分があることから、中央地盤における結果のみ示す。

(1) 中央地盤観測点

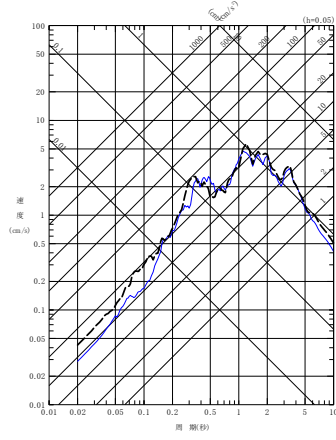
中央地盤観測点におけるシミュレーション解析の結果を第 6.3.7-1 図に示す。

シミュレーション解析の結果、中央地盤については、すべての地震の水平方向、鉛直方向ともに、応答スペクトルに見られるピーク周期は再現されており、その大きさも全周期帯において概ね同等であることから、全周期帯に対して地震観測記録とよく適合する結果が得られた。

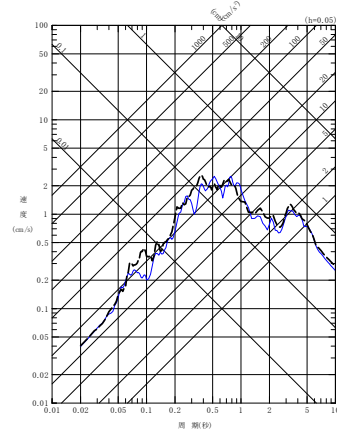
また、高周波数帯の地震動の成分を十分に含んでいると考えられる 3 地震（2008 年 7 月 24 日 00 時 26 分の地震、2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分の地震及び 2011 年 3 月 11 日 15 時 08 分の地震）に対し、バイリニア型を仮定した同定結果を用いてシミュレーション解析を実施しているが、第 6.3.6-4 図に示した伝達係数の傾向と同様に、リニア型の同定結果を用いたシミュレーション結果に対して有意な差は無いことを確認しており、リニア型とバイリニア型における短周期側の減衰定数の設定の差はシミュレーション解析結果に影響を与えないことを確認した。

以上のことから、中央地盤観測点については、速度構造及び減衰定数の両方が、地盤の実態が考慮されたパラメータとして評価されていると考えられる。

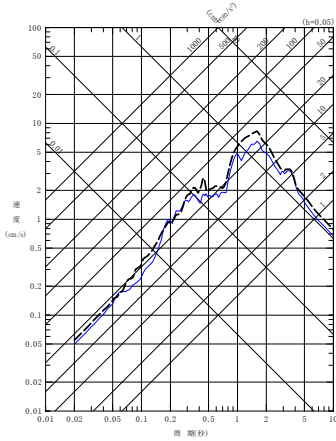
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- - - - - 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



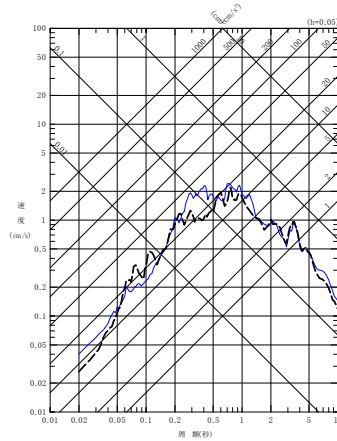
(a) NS 方向



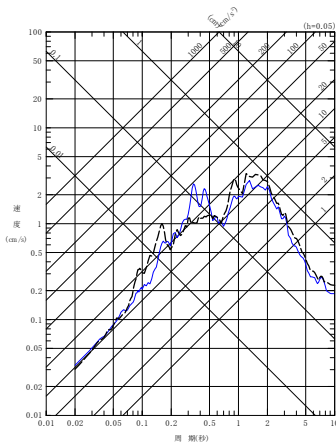
(a) NS 方向



(b) EW 方向

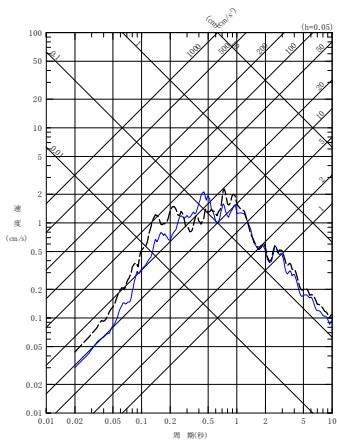


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(1) 200112022201 地震



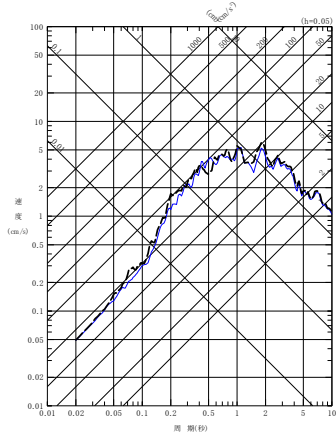
(c) UD 方向

(2) 200210142312 地震

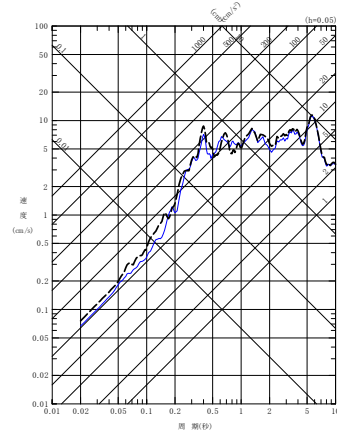
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (1/7)

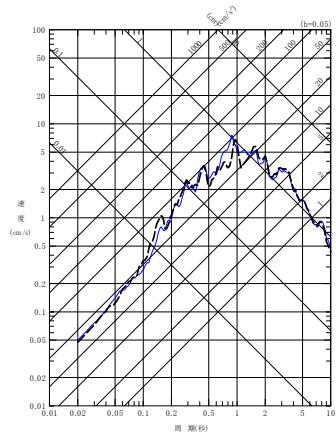
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



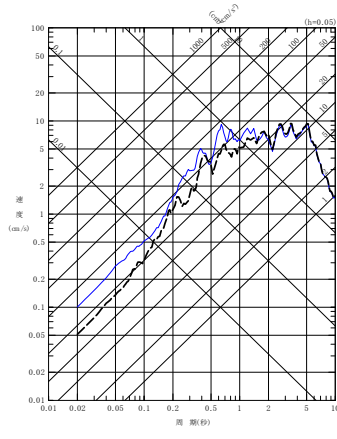
(a) NS 方向



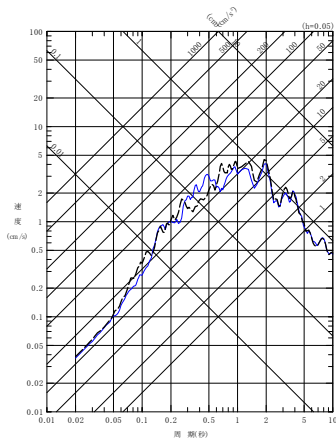
(a) NS 方向



(b) EW 方向

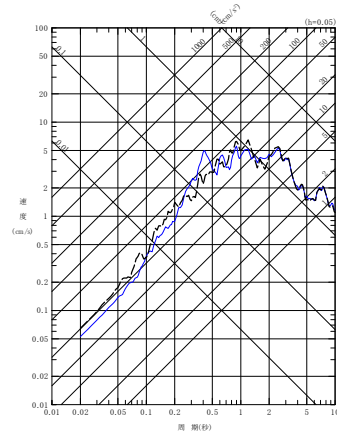


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(3) 200305261824 地震



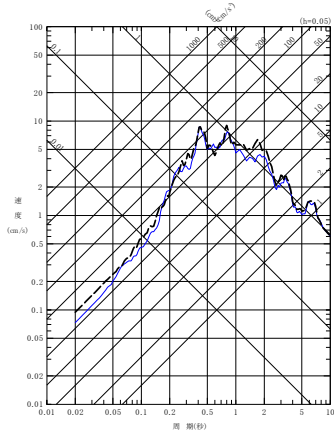
(c) UD 方向

(4) 200309260450 地震

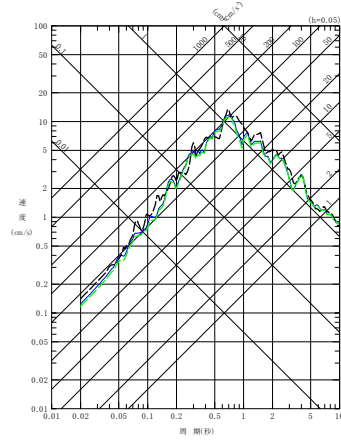
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (2/7)

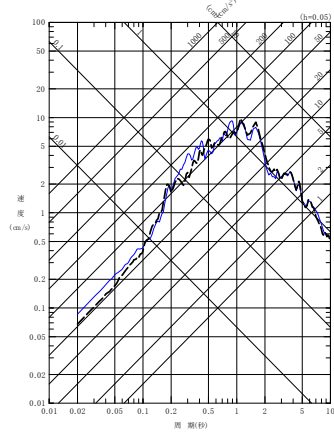
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



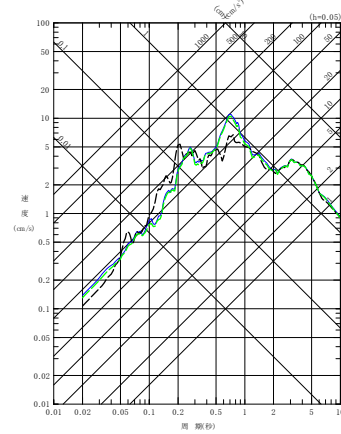
(a) NS 方向



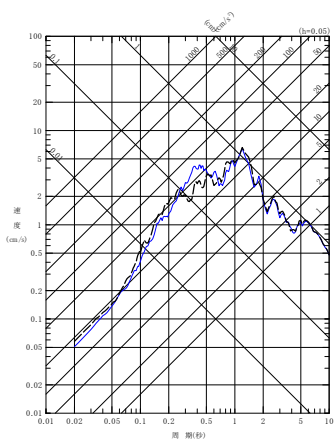
(a) NS 方向



(b) EW 方向

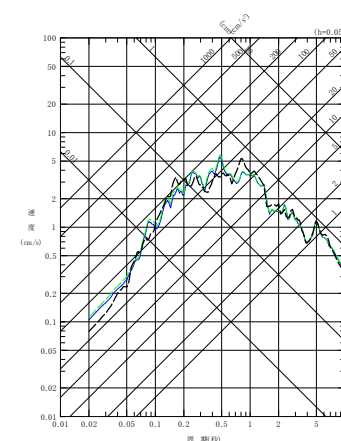


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(5) 200309260608 地震



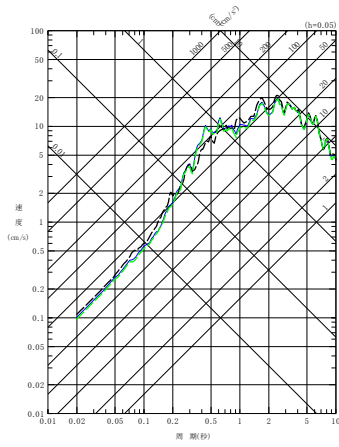
(c) UD 方向

(6) 200807240026 地震

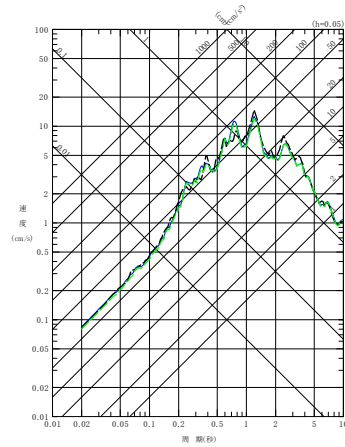
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (3/7)

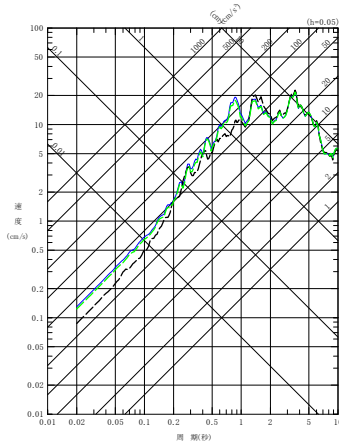
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 — 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 - - - 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



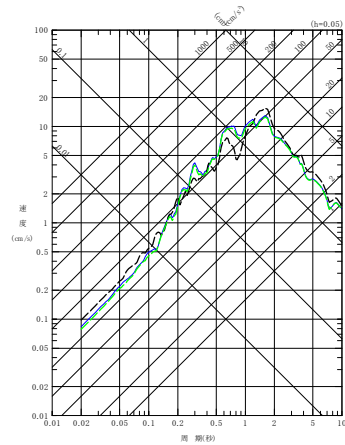
(a) NS 方向



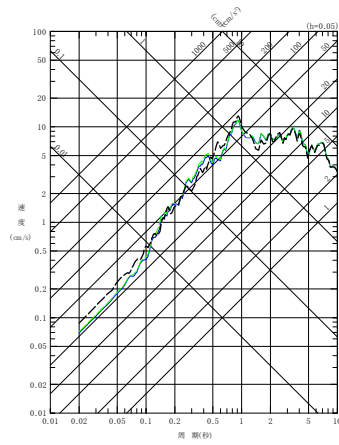
(a) NS 方向



(b) EW 方向

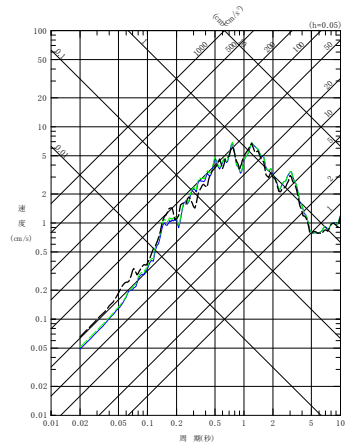


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(7) 201103111446 地震



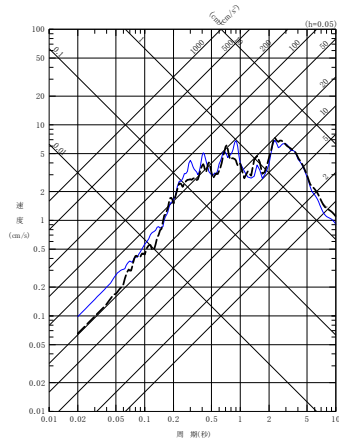
(c) UD 方向

(8) 201103111508 地震

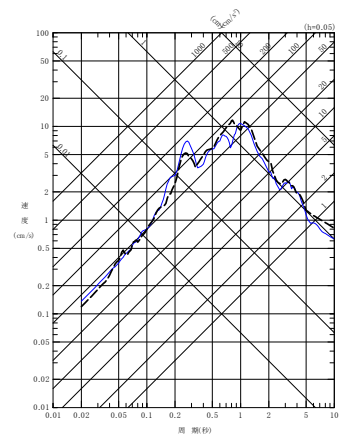
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (4/7)

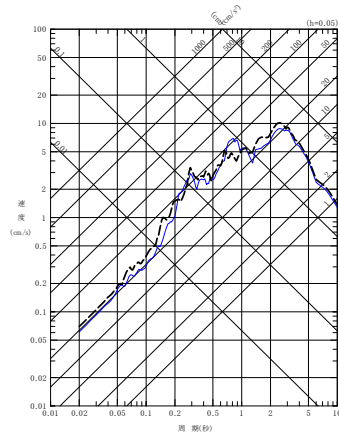
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- - - - 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



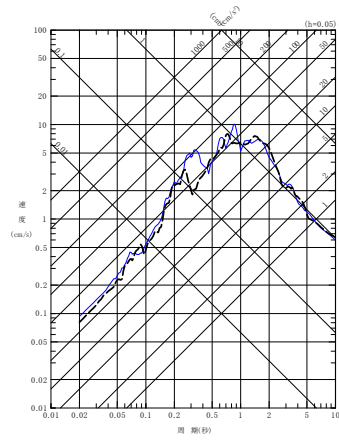
(a) NS 方向



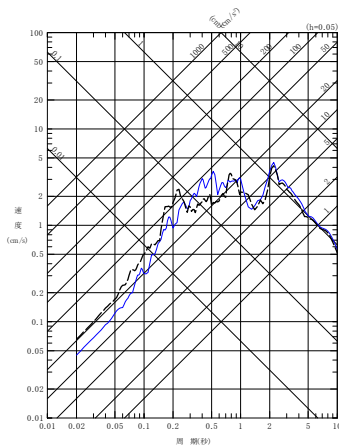
(a) NS 方向



(b) EW 方向

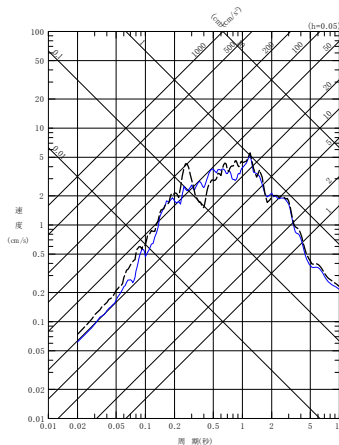


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(9) 201106230650 地震



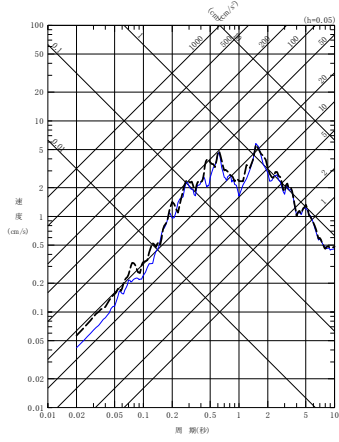
(c) UD 方向

(10) 201205240002 地震

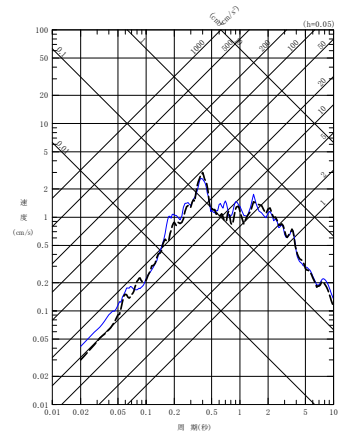
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (5/7)

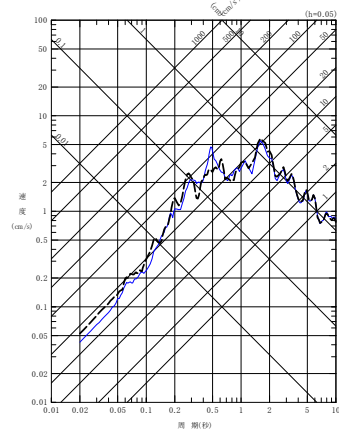
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



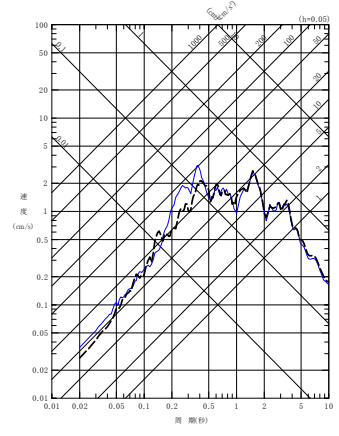
(a) NS 方向



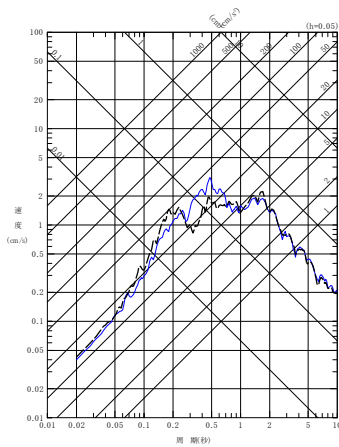
(a) NS 方向



(b) EW 方向

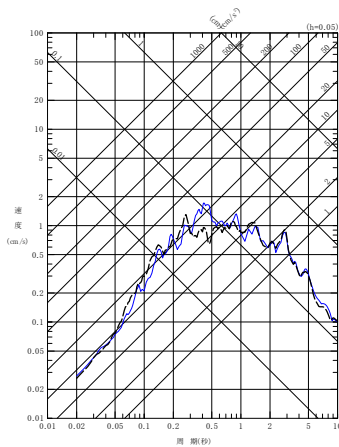


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(11) 201212071718 地震



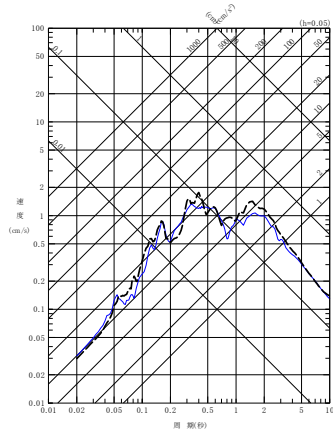
(c) UD 方向

(12) 201302022317 地震

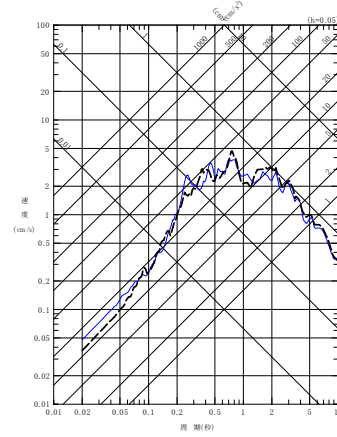
第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (6/7)

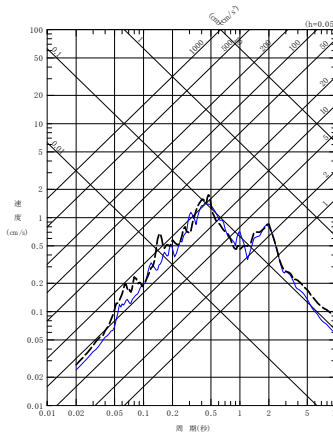
- 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
- 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
- - - - - 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



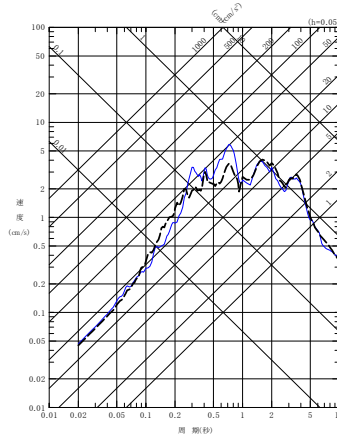
(a) NS 方向



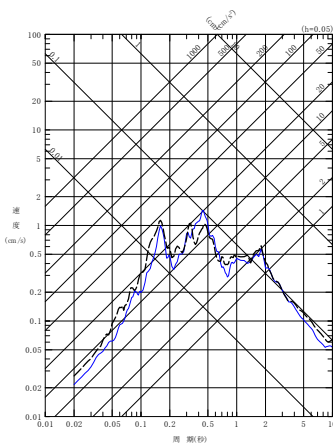
(a) NS 方向



(b) EW 方向

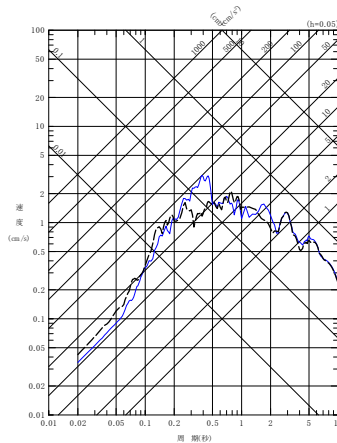


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(13) 201507100332 地震



(c) UD 方向

(14) 201601141225 地震

第 6.3.7-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (7/7)

6.4 地震波干渉法による検討

6.4.1 評価の概要

Fukushima et al. (2016)では、地表の観測波形を基準として、地中の観測波形をデコンボリューションした波形に基づき、地震計間の減衰定数を推定する手法を提案している。本手法は、2つの地震計間で一樣な地盤を仮定しているため、最終的に得られた減衰定数は、2地点間の平均的なQ値とみなすことができる。

Fukushima et al. (2016)では、この手法の適用性について、以下の条件を示している。

- ① ボアホール地震計の深さが300m以上
- ② ボアホール地震計設置位置のS波速度が3000m/sより小さい。
- ③ ボーリングの検層結果に基づく地表と地中の地震計位置の理論往復走時が0.5秒より大きい。

ただし、Riga et al. (2019)によれば、地震観測記録の分析の結果として、入射波と反射波が分離されていれば、上記の条件を満足しておらずとも、この方法が適用可能であることが示されている。

後述する当社敷地の地震観測記録（中央地盤）に基づく、地表面の地震観測深さ（G.L.-2m）を基準点としたときの解放基盤表面深さ（G.L.-125m）のデコンボリューション波形において、後述の第6.4.2-3図に示すとおり、入射波と反射波が明確に分離されていることを確認したことから、本手法を敷地に適用することに問題はないと考えられる。

6.4.2 地震観測記録のスタッキング及び評価に用いる観測記録の抽出

(1) 検討対象とする地震

評価に用いる地震については、本評価手法が、複数の地震観測記録に共通的にみられる特徴をスタッキングにより確認する方法であることから、広い幅の加速度振幅レベルの地震を対象に、可能な限り多くの地震を用いることに主眼をおいて選定した。

まず、母集団として、第 6.4.2-1 図に示す、敷地からの震央距離 150km 以内で観測された 1995 年 12 月から 2020 年 3 月までの地震のうち、M4 以上かつ地表面 (G.L. -2m) と解放基盤表面レベル (G.L. -125m) の地震計において地震観測記録が得られている地震 (350 地震) とした。

これらの地震には、内陸地殻内地震、プレート境界地震及びプレート内地震が混在し、到来方向や入射角度が一樣ではないため、前述のとおり各地震観測記録に対して、デコンボリューションを行うことにより、震源特性や伝播経路特性による影響は除去されるため、敷地における特性に着目した検討が行えることとなる。

また、各地震観測記録に対しては、S 波を含む 20 秒の区間を切り出して評価を行った。

これらの地震観測記録から、評価に用いる地震動の抽出を、(2) に示すとおり実施した。

(2) 地震観測記録に対する処理

まず、母集団とした地震全てに対し、各地震における地表面を基準とした解放基盤表面レベルにおけるデコンボリューション波形を作成した。また、それぞれのデコンボリューション波形を平均処理した波形（以下、「スタッキング波形」という。）を作成した。

これらの波形に対し、以下の式で定義される Anderson(2004)による GOF (Goodness of fitting) を算出し、各地震におけるデコンボリューション波形とスタッキング波形との相関が高い記録を選定した。

$$\text{GOF} = 10 \times \max[C(a_1(t), a_2(t)), 0]$$
$$C(a_1(t), a_2(t)) = \frac{\int a_1(t)a_2(t)dt}{[\int a_1^2(t)dt]^{1/2}[\int a_2^2(t)dt]^{1/2}}$$

ここで a_1 、 a_2 はスタッキング波形と個々のデコンボリューション波形を表す。

第 6.4.2-1 表に示すとおり、Anderson(2004)は、GOF の値に応じた適合度を第 6.4.2-1 表のように設定している。第 6.4.2-1 表の判断基準を踏まえ、全地震のスタッキング波形に対する各波形の GOF を計算し、GOF の値が 8 以上の記録を用いて解析を行うこととした。GOF 値が 8 以上となっている地震は、全 350 地震中、311 地震であった。

また、Q 値は、スタッキング波形と各デコンボリューション波形から求めた伝達関数を平均した結果から求めるが、GOF の値が 8 以上の地震であっても、地震観測記録に含まれるノイズ等による影響により、各振動数成分の振幅が入射波<反射波となる地震観測記録がある場合、減衰定数を適切に評価することができないことから、これらのデータについては除くこととした。抽出の結果、上記を満足する地震は 180 地震であった。

最終的に Q 値を算定するためのスタッキング波形については、上記により抽出した 180 地震に基づき、改めて求めたものを用いた。減衰定数を求める上では、入射波及び反射波ともに、0 秒から観測相似の 2 倍の区間とした。

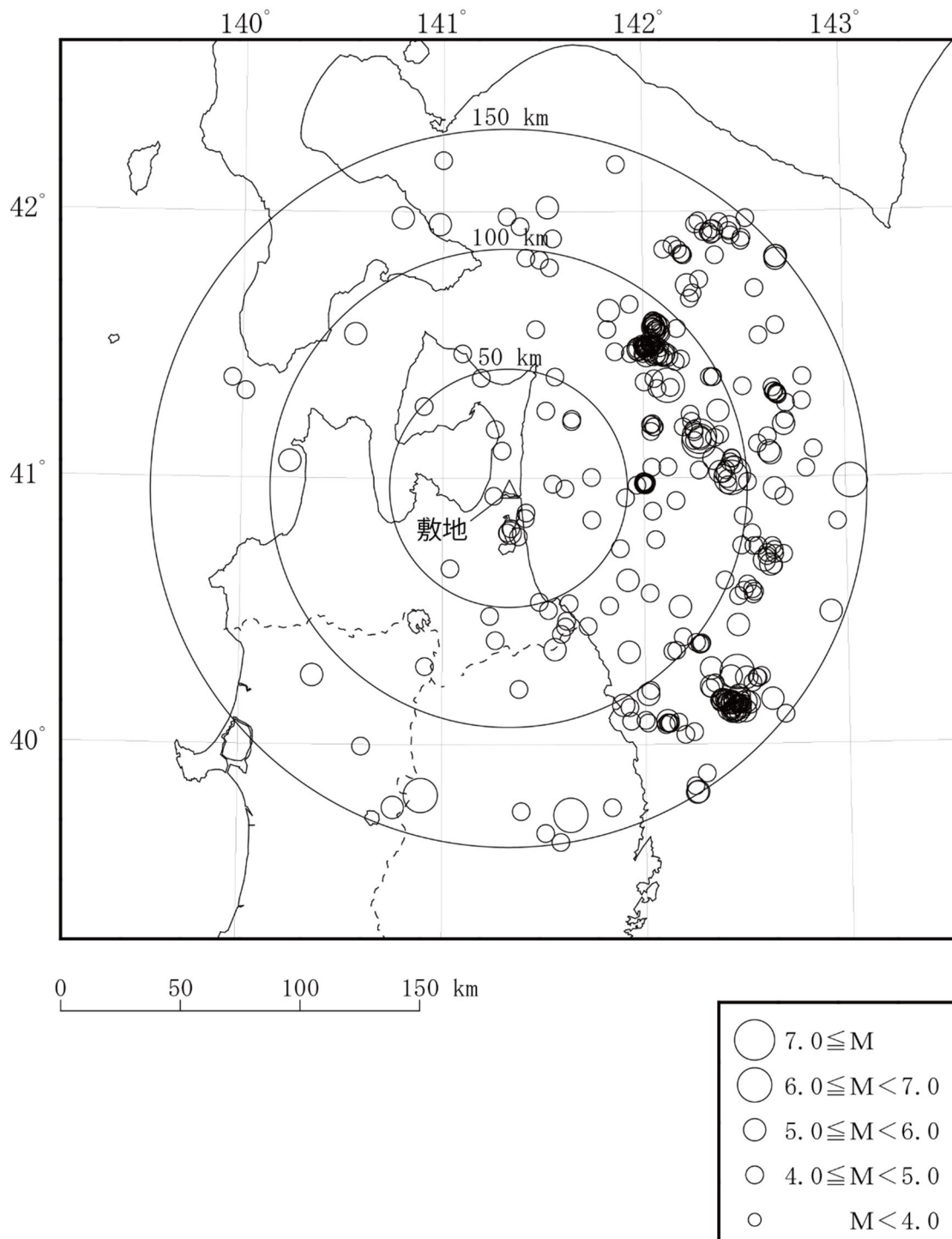
第 6.4.2-2 図に、各地震について、地表面の地震観測深さ (G.L.-2m) を基準点としたときの、解放基盤表面深さ (G.L.-125m) のデコン

ボリューション波形を算定した結果について例を示す。各図には、母集団とした全地震によるスタッキング波形を重ね書きで示している。なお、個々の地震のデコンボリューション波形のうち、図中で赤色で示しているものについては、GOFが8以上である波形であることを示す。

中央地盤については、各地震におけるデコンボリューション波形において、入射波のピークと反射波のピークが明確に分離されており、GOFが8以上となっている記録の割合も多いことを確認した。

一方で、西側地盤及び東側地盤の地震観測記録に基づくデコンボリューション波形については、入射波のピークと反射波のピークが明確に分離されていないこと、GOFが8以上となる地震が中央地盤と比較して少数であることから、ノイズ等による影響が多く含まれていると考え、現時点において減衰定数の評価を行うことは困難であると判断した。

中央地盤において作成したスタッキング波形を第6.4.2-2図に示す。第6.4.2-2図のとおり、中央地盤の地震観測記録に基づくスタッキング波形については、入射波のピークと反射波のピークが明確に分離されていることから、「7.4.1 評価の概要」に示したとおり、Fukushima et al. (2016)における手法を当社敷地に適用することに問題はないと判断した。



第 6.4.2-1 図 評価に用いた地震の震央位置

第 6.4.2-1 表 Anderson(2004)における GOF に対する判定の考え方

GOF の範囲	判定結果
4 以下	a poor fit
4 ~ 6	a fair fit
6 ~ 8	a good fit
8 以上	a excellent fit



注記：GOF が8 以上のデコンボリューション波形は赤色で示す。

第6.4.2-2図 GL-2mに対するGL-125mの各地震のデコンボリューション波形（細線）とスタッキング波形（灰太線）（1/4）



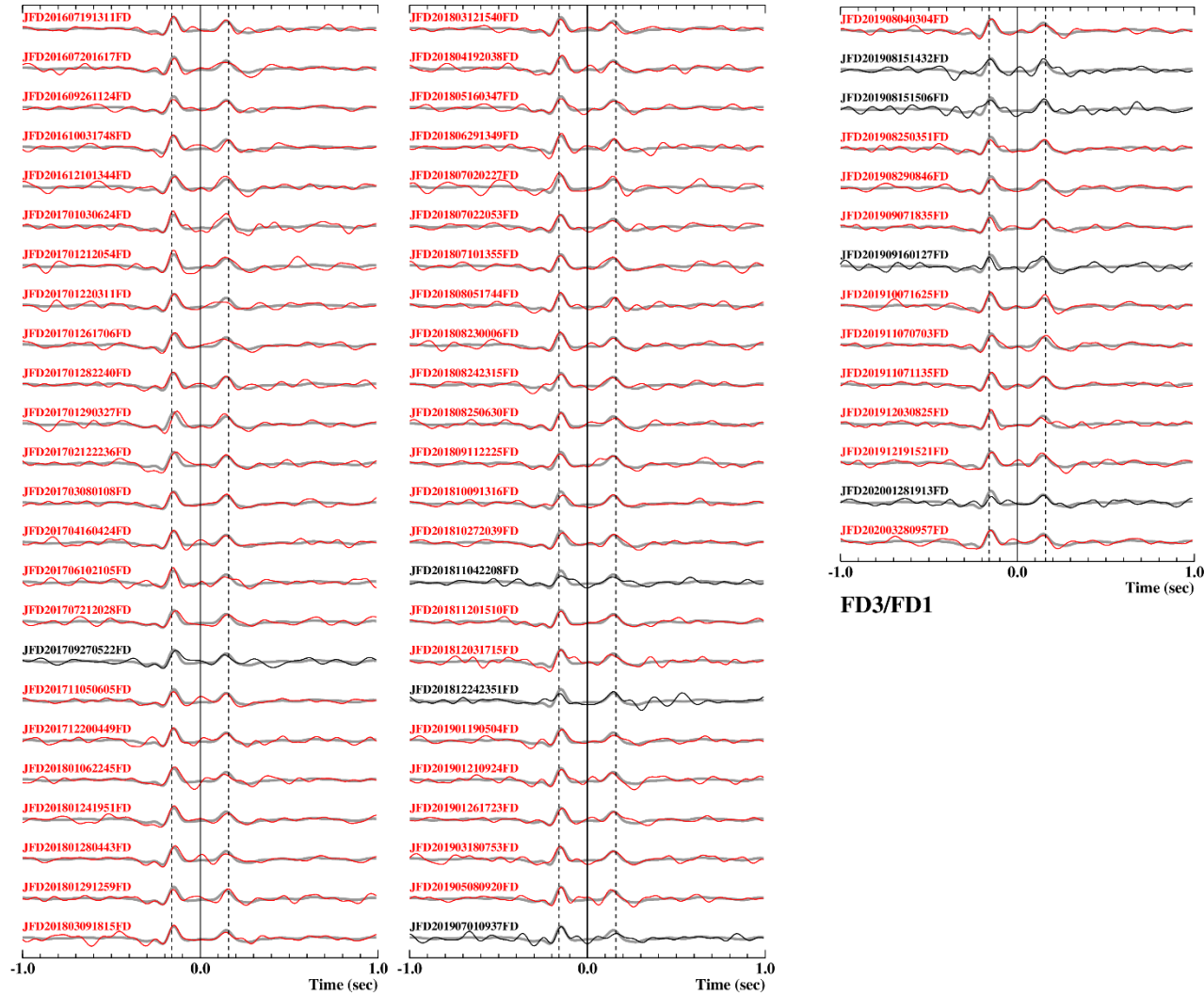
注記：GOF が8 以上のデコンボリューション波形は赤色で示す。

第6. 4. 2-2図 GL-2mに対するGL-125mの各地震のデコンボリューション波形（細線）とスタッキング波形（灰太線）（2/4）



注記：GOF が8 以上のデコンボリューション波形は赤色で示す。

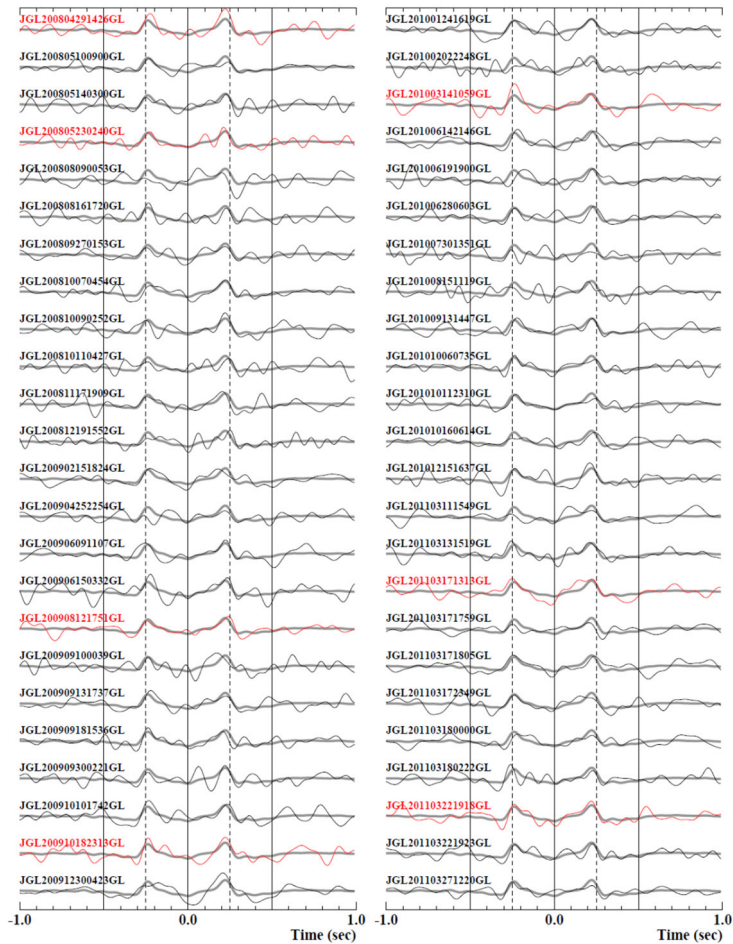
第6.4.2-2図 GL-2mに対するGL-125mの各地震のデコンボリューション波形（細線）とスタッキング波形（灰太線）（3/4）



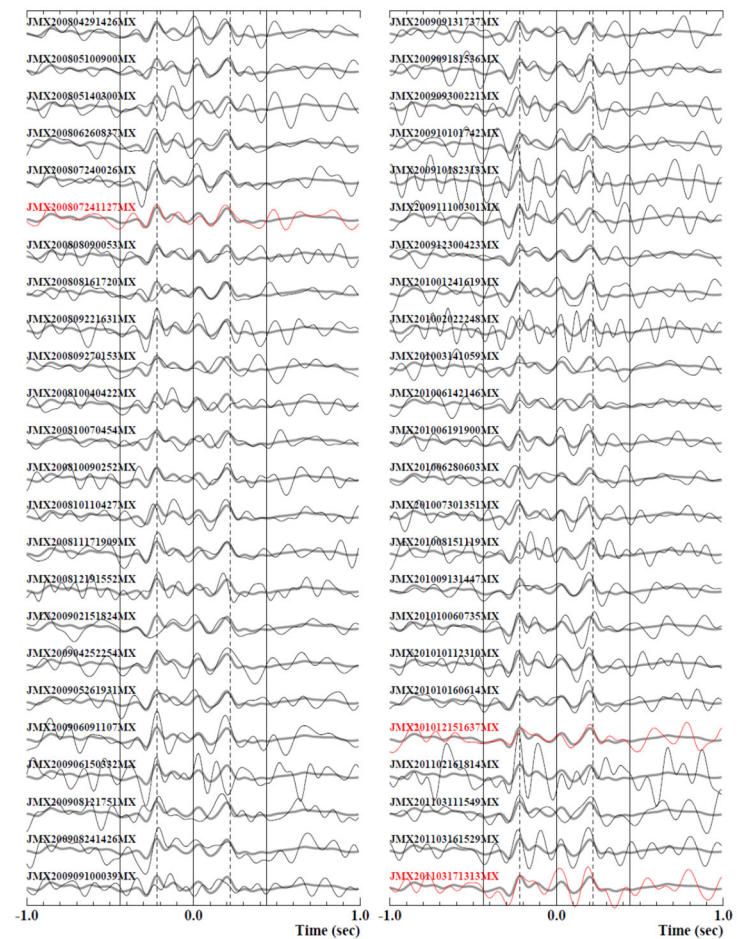
注記：GOF が8 以上のデコンボリューション波形は赤色で示す。

第6. 4. 2-2図 GL-2mに対するGL-125mの各地震のデコンボリューション波形（細線）とスタッキング波形（灰太線）（4/4）

参考：西側地盤及び東側地盤における地震観測記録のデコンボリューション結果及びGOF8以上となる地震の抽出状況



(a) 西側地盤

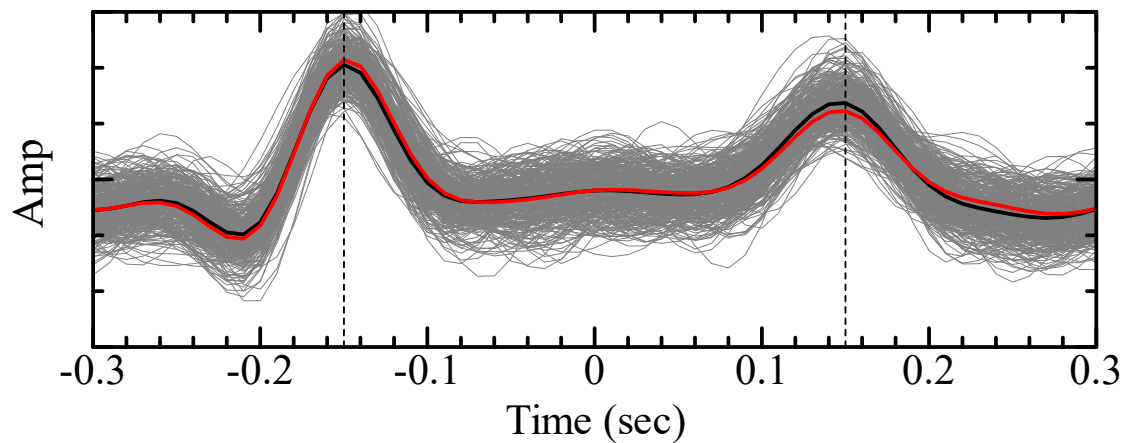


(b) 東側地盤

注記：GOF が8以上のデコンボリューション波形は赤色で示す。

西側地盤及び東側地盤におけるデコンボリューション波形（一部例）

灰線：GOF ≥ 8 の311個の個々の地震記録によるデコンボリューション波形
黒線：311個の地震記録のスタッキング（平均）波形
赤線：311個の地震記録中，入射波 \geq 反射波となる地震記録のスタッキング（平均）波形



注記：鎖線は，スタッキング波形のピーク時刻（ ± 0.15 秒）を示す。

第 6.4.2-3 図 GOF が 8 以上となる各地震のデコンボリューション波形
及びスタッキング波形の作成結果

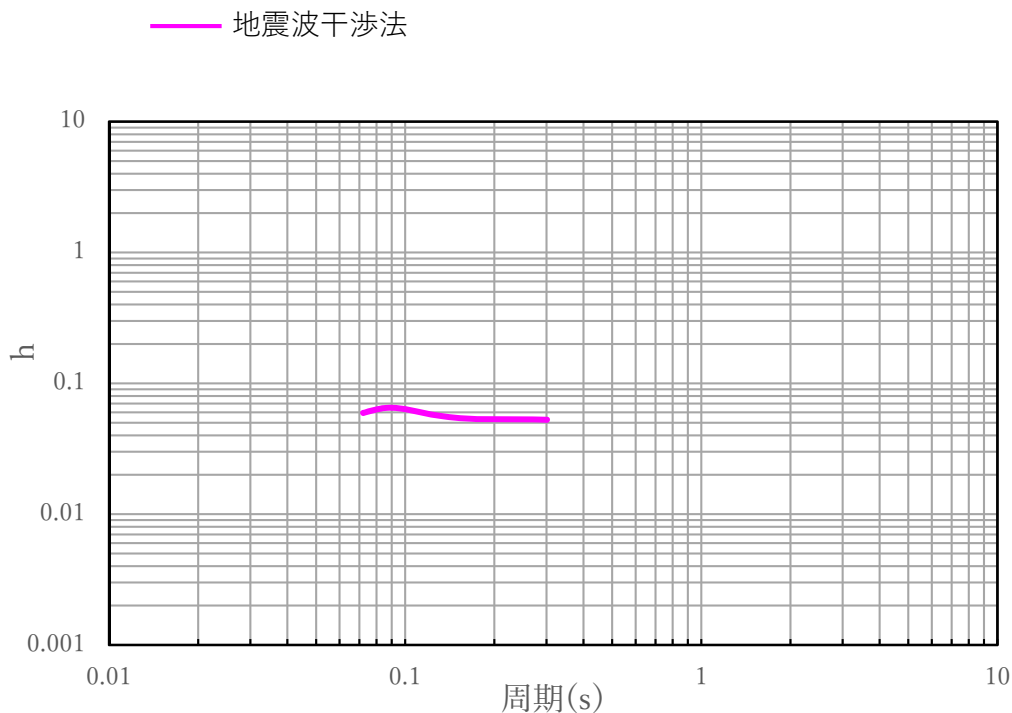
6.4.3 減衰定数の推定結果

各地震のデコンボリューション波形における、入射波に対する反射波の振幅の比率に基づき減衰定数を評価した結果を第6.4.3-1図に示す。

中央地盤における地震波干渉法によって評価された減衰定数は、およそ5~7%の値となっているが、「6.3.6 伝達関数による評価結果」において同定された減衰定数に見られる周波数依存性は地震波干渉法による結果においては明瞭には確認できない。

これは、地震波干渉法による減衰定数の推定方法が半無限空間を仮定した手法であることを踏まえると、今回評価にあたっては、地表における地震観測記録を基準として解放基盤表面深さにおける地震観測記録をデコンボリューションしていることから、実態の地盤における岩盤部分と表層地盤の地盤構造の違い等による影響を受けたためと考えられる。

ただし、第6.4.2-3図に示すスタッキング波形において、振幅約0.1秒のパルスが明確に確認できていることを踏まえると、当該周期帯における減衰定数の値は精度よく得られていると考えられる。



第6.4.3-1図 地震波干渉法による減衰定数の評価結果（中央地盤観測点）

6.5 速度構造の相対的な比較に基づく考察

中央地盤において得られている地震観測記録の伝達関数に基づき減衰定数の同定を行った結果に対し、速度構造の観点で既往知見との照合を行う。

比較にあたっては、佐藤ほか(2006)において、上述のとおり、バイリニア型の減衰モデルが示されているが、あわせて、地盤の速度構造に応じた減衰定数の傾向も示されていることから、佐藤ほか(2006)に示される値と、敷地における速度構造との整合性の観点で行う。

佐藤ほか(2006)による岩盤観測点の減衰定数の評価結果において、複数の地点又は速度層における減衰定数が示されており、浅部または低速度層ほど大きく評価され、深部または高速度層ほど小さく評価される傾向となっている。佐藤ほか(2006)では、福島ほか(1994)における経験的な値も合わせて示されており、この値についても上記と同様の傾向となっている。

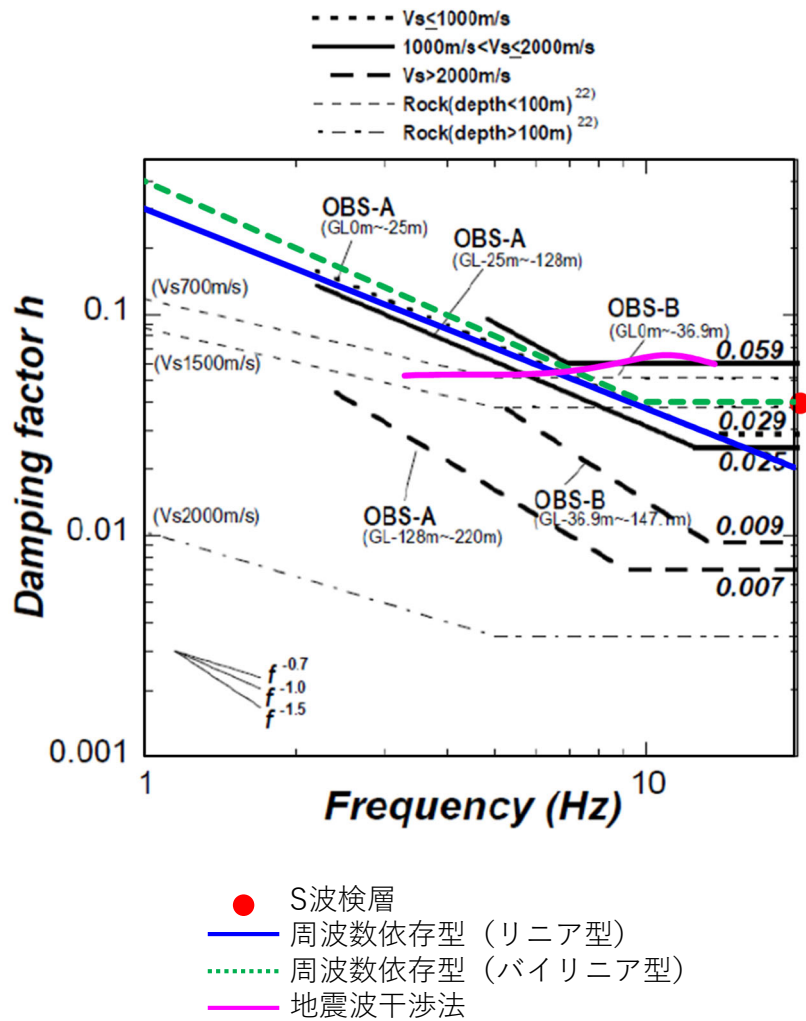
敷地における岩盤のS波速度(中央地盤:720~830m/s)に近い指標として、佐藤ほか(2006)に示される $V_s \leq 1000\text{m/s}$ における評価(図中太点線のうち「OBS-A (GL0~-25m)」)及び福島ほか(1994)による $V_s=700\text{m/s}$ における経験的な値(図中細点線のうち「($V_s=700\text{m/s}$)」)を参照すると、中央地盤において同定された、周波数依存性を考慮した減衰定数の値は、その大きさ及び周波数依存性の傾きともに、よく整合している。

また、地震波干渉法による結果については、周波数依存性は捉えられておらず、短周期側に信頼区間を有した結果であるものの、佐藤ほか(2006)に示される $V_s \leq 1000\text{m/s}$ における評価及び福島ほか(1994)による $V_s=700\text{m/s}$ における経験的な値とよく整合している。

あわせて、短周期側に信頼区間を有するS波検層結果を第6.5-1図に示す。S波検層の結果は、中央地盤については同定された減衰定数と整合的である。

上記に示した既往の知見との比較及び評価手法間の比較結果に基づけば、「6.3.6 伝達関数による評価結果」に示した、中央地盤において同定された周波数依存性を考慮した減衰定数については、類似した速度構造の地盤における減衰定数とほぼ同等の値が得られており、敷地においては特異な減衰定数の傾向を示すような傾向とはなっていないこと、また、評価手法間でも整合的な結果が得られていることを確認した。

以上のことから、中央地盤における、周波数依存性を考慮した減衰定数の同定結果については、地盤の実態を考慮した値となっていると考えられる。



第 6.5-1 図 佐藤ほか (2006) による岩盤観測点における減衰定数 h ($h=1/2Q$) 推定結果に対する中央地盤における同定結果の比較結果 (図中点線は、福島ほか (1994) による減衰定数の経験的な値)

<参考：現時点において同定された西側地盤及び東側地盤の傾向>

「6.3.6 伝達関数による評価結果」に示したとおり、西側地盤及び東側地盤については、水平方向の一部周期帯において伝達関数のピークが再現できておらず、「6.3.7 応答スペクトルによる評価結果」に示したとおり、シミュレーション解析結果についても地震観測記録の再現性に課題がある。

このことから、西側地盤及び東側地盤については、現時点において地盤の実態を捉えた減衰定数の同定を行えているとは言い難いことから、既往知見に基づく減衰定数と速度構造の関係性に着目し、速度構造及び減衰定数の両方が地震観測記録をよく説明している中央地盤との相対的な比較により、西側地盤及び東側地盤における地盤の実態を考慮した減衰定数の値についての考察を以下に示す。

- ・地震観測点ごとの岩盤部分の速度構造（初期モデル）によれば、中央地盤及び東側地盤については、岩盤部分のS波速度はほぼ800m/s前後と同等であることに対し、西側地盤については550m/sと、中央地盤及び東側地盤と比較して小さい値を示している。
- ・現時点において各地震観測点において同定された減衰定数は、中央地盤>東側地盤>西側地盤となっているが、その大きさに大きな差は無く、傾きについても概ね同等なものとなっている。
- ・佐藤ほか(2006)における評価結果において、低速度層ほど減衰定数が大きくなる傾向があることを踏まえれば、敷地における岩盤部分の減衰定数については、その速度構造の相対的な差から、西側地盤>中央地盤≒東側地盤の大小関係となることが考えられるが、上記のとおり、同定された結果は、中央地盤>東側地盤>西側地盤となっており、西側地盤及び東側地盤において同定された値が中央地盤と比較して小さくなっている。
- ・また、敷地における速度構造に近い指標として、佐藤ほか(2006)に示される $V_s \leq 1000\text{m/s}$ における評価及び福島ほか(1994)による $V_s=700\text{m/s}$ にお

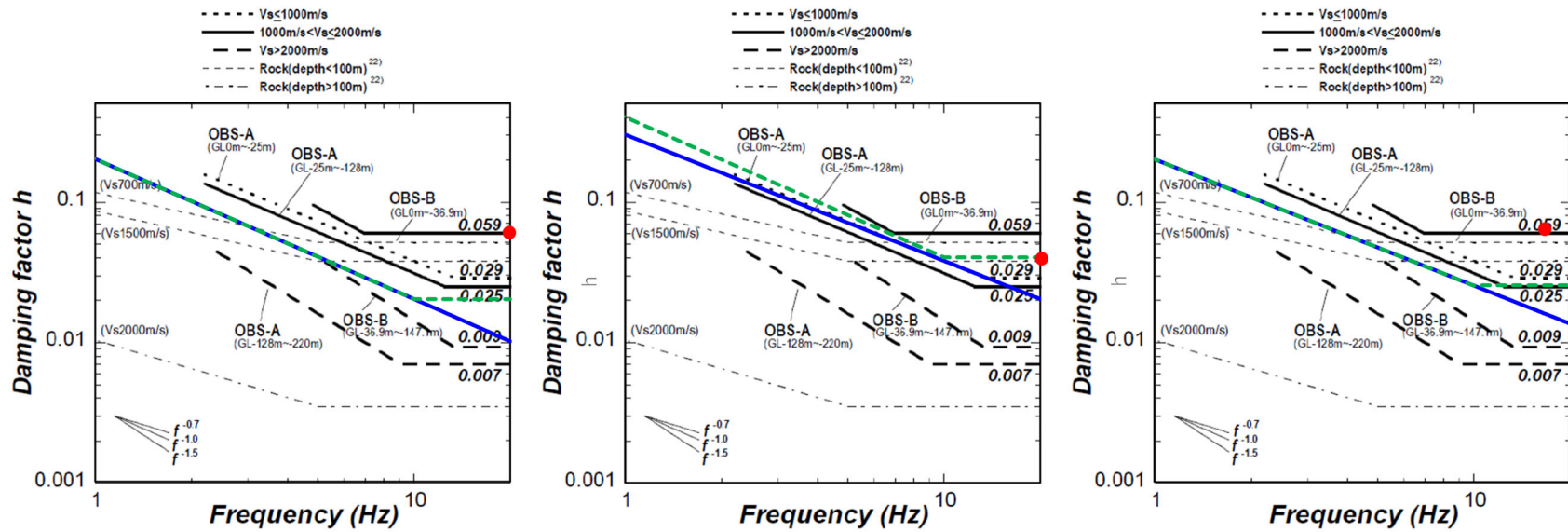
ける経験的な値を参照すると、敷地において同定された減衰定数の値は、中央地盤においてよく整合しており、西側地盤及び東側地盤についても、中央地盤よりもやや小さい値となっているものの、大きな乖離とはなっていない。

- ・短周期側に信頼区間を有する S 波検層の結果は、西側地盤及び東側地盤についても、同定された減衰定数と整合的な中央地盤と大きな差が無い。

参考表 各地震観測地点における岩盤部分の S 波速度

地震観測地点	S 波速度
中央地盤	720～830m/s
西側地盤	550m/s
東側地盤	820m/s

<参考：現時点において同定された西側地盤及び東側地盤の傾向>



(a) 西側地盤

(b) 中央地盤

(c) 東側地盤

注記：東側地盤のS波検層結果については、ばらつきが大きいと考えられる10Hzの値を除外してプロットしている。

参考図 佐藤ほか（2006）による岩盤観測点における減衰定数 h ($h=1/2Q$) 推定結果との比較
 (図中点線は、福島ほか（1994）による減衰定数の経験的な値)

<今後の取り組み>

地震観測記録を用いた評価結果について、西側地盤において、減衰定数が速度構造の相対的な関係性に反して中央地盤と比較して小さく同定された原因としては、以下の内容が挙げられることから、今後、目的関数又は同定手法の見直し、信頼区間の再設定等により、精度の向上を図る。

- ・ 「6.3.3 目的関数の設定」に示した地震観測記録に基づく伝達関数の傾向として、周期約 0.2 秒よりも短周期側において、速度構造に由来するピークの山谷が不明瞭となっている。
- ・ これにより、地盤の高次成分のピークを速度構造のフィッティングにより適合させるのではなく、減衰定数を小さく与え、短周期側の地震動を増大させることで適合するように同定されたと考えられる。
- ・ このことから、信頼区間の設定 (0~20Hz : 0.05 秒より長周期側) について、短周期側を含めて扱うことが適切ではない可能性がある。

また、東側地盤においても、地震観測記録のシミュレーション結果において、いずれの地震に対しても周期約 0.4 秒において地震観測記録を下回ることから、当該周期帯の再現性に着目した速度構造と再評価を行い、同定された減衰定数の信頼性の向上を図る。

なお、東側地盤における地震観測記録のシミュレーション結果では、ごく短周期側においても地震観測記録を下回る場合があるが、この傾向は一部の地震のみにおいて見られるものであることから、周期約 0.4 秒における伝達関数の乖離が、特定の地震のもつピークと合致することにより、最大加速度値に影響を与えたものであると考えられ、短周期成分の地震動全体を小さく評価したものではないと考えられる。

ごく短周期側の減衰定数の差は、リニア型とバイリニア型におけるシミュレーション解析の比較により、結果に有意な影響を与えないことを確認していることから、上記の周期約 0.4 秒における伝達関数の適合度を改善することで、地震観測記録をよく説明可能なシミュレーション結果が得られると考えられる。

7. 地盤の実態を考慮したパラメータの設定

「4. 三軸圧縮試験による評価結果」, 「5. 敷地における S 波検層による評価結果」及び「6. 敷地における地震観測記録を用いた評価結果」に示した各種評価結果に基づき, 敷地における「地盤の実態を考慮したパラメータ」としての岩盤部分の減衰定数に係るパラメータを設定する。

7.1 地盤の実態を考慮した減衰定数の値及び周波数特性

「5. 敷地における S 波検層による評価結果」に示したとおり, 敷地内のボーリング調査位置における S 波検層結果によれば, 岩盤部分における減衰定数には周波数依存性を有しているが, 既往知見において認められる減衰定数が高振動数側で一定になる傾向 (バイリニア型) は明確に見受けられない。

また, 「6.3 伝達関数による検討」において同定した減衰定数において, リニア型とバイリニア型による減衰定数の差は, 敷地における地震観測記録の深さ方向の伝達関数及び「6.3.7 応答スペクトルによる評価結果」に示したシミュレーション解析結果に対して有意な差を与えないことを確認した。

また, 同定した速度構造及び減衰定数による伝達関数及びシミュレーション結果は, 中央地盤においては地震観測記録をよく説明する結果が得られていることから, 減衰定数としては地盤の実態を考慮した値が評価された結果が得られていると考えられる。

設定についての検討は追而

三軸圧縮試験や岩石コア試験に基づく材料減衰の調査結果について、地震観測記録による評価及び S 波検層に基づく材料減衰 + 散乱減衰との関連性の記載を追記

7.2 地盤の実態を考慮した減衰定数の非線形性

「4. 三軸圧縮試験による評価結果」に示したとおり、いずれの岩種においても、岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）については、地盤のせん断ひずみが 10^{-2} 程度までは非線形化による減衰定数の変動は小さく、 10^{-2} よりも大きい範囲において減衰定数が増大する傾向となっている。

ただし、上記の傾向は材料減衰のみに着目した結果であり、JEAG4601-1987 に示されるように、地盤の減衰定数には材料減衰と散乱減衰が含まれることから、地盤の実態を考慮した場合、地盤のひずみ量に応じて、散乱減衰が支配的となる領域と材料減衰が支配的となる領域を区分して減衰定数を設定する必要がある。

以上を踏まえ、 S_s 地震時の地盤のひずみ量に対し、非線形性による減衰定数の増大に伴う材料減衰の値が、地震観測記録による手法に基づき評価される減衰定数を上回る場合には、岩盤部分の非線形性を考慮した減衰定数の設定が入力地震動への影響があると考えられると判断し、その時のひずみ量よりも大きい領域において、ひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）を考慮することが、最も地盤の実態を考慮した設定となると考えられる。

8. 「基本地盤モデル」に考慮するパラメータの設定

8.1 「基本地盤モデル」に考慮するパラメータの設定

本章では、「1.はじめに」に示したとおり、第2回申請対象施設における「基本地盤モデル」の設定にあたり、解析の簡便性や設計上の保守性を考慮した上で、耐震設計上用いるパラメータの設定の考え方について示す。

「4. 三軸圧縮試験による評価結果」、 「5. 敷地におけるS波検層による評価結果」及び「6. 敷地における地震観測記録を用いた減衰定数の評価結果」による検討結果に基づき、「7. 地盤の実態を考慮したパラメータの設定」に示した岩盤部分の減衰定数のパラメータ設定の考え方に対して、耐震設計を実施する上で、解析の簡便性や設計上の保守性を考慮した「基本地盤モデル」として減衰定数を設定する場合の考え方について検討を行う。

「7. 地盤の実態を考慮したパラメータの設定」に示したとおり、敷地における地盤の実態を考慮すると、岩盤部分の減衰定数は、周波数依存特性とひずみ依存特性が同時に考慮されることとなる。しかしながら、これらを同時に考慮して建物・構築物の入力地震動を算定することは、解析プログラムの制約上困難である。また、JEAG4601-2015に示される慣用値に示されるように、耐震設計においては、減衰定数に周波数依存特性を考慮しないことが一般的な設定である。

また、明らかに減衰定数を小さく設定することとなり、保守的な設定となることが自明となる場合を除き、解析の簡便性及び保守性を考慮したパラメータを設定するにあたっては、新しく設定するパラメータが、地震観測記録等に対して過小評価としないことの確認を実施する。

具体的には、「基本地盤モデル」が耐震設計において建物・構築物の入力地震動を算定するために用いることを踏まえ、建物・構築物の固有周期帯（水平0.2～0.3秒、鉛直0.1秒～0.2秒）において、地盤の実態を考慮したパラメータに基づくシミュレーション解析結果または地震観測記録に対して概ね保守的な値となることを確認する。

以上を踏まえ、岩盤部分の減衰定数の周波数依存特性と、ひずみ依存特性の設定について、地盤の実態を考慮した場合に対し、設計上過小評価としない範囲での簡易的な設定の可否について検討を実施する。

8.2 周波数依存特性を考慮しない設定の適用性

8.2.1 周波数依存性を考慮しない場合の減衰定数の評価

耐震設計上、簡易的な設定となる周波数依存性を考慮しない条件における減衰定数について、まずはその値について把握することとし、敷地内において得られた地震観測記録に適合するように評価する。

評価手法及び評価に用いる地震については、「6.3 伝達関数による検討」と同様の地震を用い、同様の評価条件とし、減衰定数の同定に係る周波数依存性の条件のみ、全周波数において一定となる条件設定を行った。

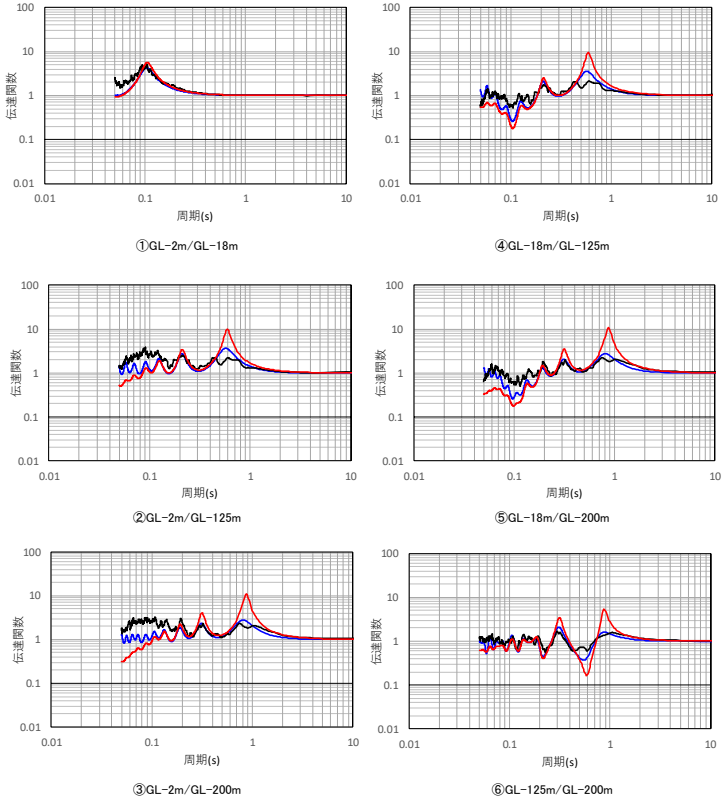
第 8.2.1-1 図～第 8.2.1-4 図に示すとおり、地震観測記録を用いた減衰定数の評価の結果、解放基盤表面～基礎底面レベルの岩盤部分に相当する層の水平方向における減衰定数として、中央地盤観測点において 6.7% の減衰定数が得られた。鉛直方向については、「6.3.6 伝達関数による評価結果」と同様に、水平方向と比較して大きい値の減衰定数が得られた。

周波数依存性なしの条件により求められる伝達関数は、「6.3 伝達関数による検討」にて同定した波数依存性を考慮した結果と比較して、速度構造はほぼ同一であるため、ピーク周波数については変わらないものの、伝達関数の大きさについては地震観測記録との乖離が大きい結果となっており、長周期側では周波数依存性なしの条件による伝達関数が観測記録に対して大きく、短周期側では小さく評価されている。

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	V _s (m/s)	減衰定数 h
0	2	1.94	470	0.166
-2	1.5	1.94	470	
-3.5	1.5	1.94	560	0.160
-5	13	1.64	720	0.111
-18	2	1.64	720	
-20	40	1.75	760	0.067
-60	60	1.85	830	
-120	5	1.85	950	0.055
-125	75	1.85	950	
-200	—	1.85	950	

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
— 周波数依存型（リニア型）
— 周波数依存なし



(a) 評価された物性値及び減衰定数

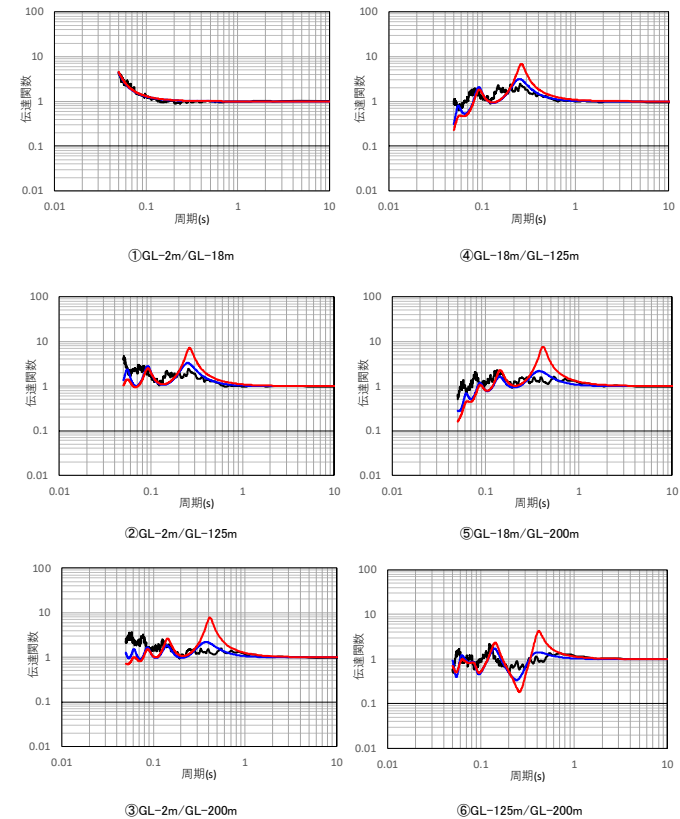
(b) 伝達関数適合状況

第 8.2.1-1 図 伝達関数による評価結果（中央地盤観測点：周波数依存性なし，水平）

深度 (m)	層厚 (m)	密度 ρ (g/cm ³)	V _p (m/s)	減衰定数 h
0	2	1.94	1410	0.166
-2	1.5	1.94	1410	
-3.5	1.5	1.94	1560	0.137
-5	13	1.64	1640	0.106
-18				
-20	40	1.75	1780	0.093
-60	60	1.85	1860	
-120	5	1.85	1920	0.081
-125	75	1.85	1920	
-200				

解放基盤表面～
建屋基礎底面相当
レベルの岩盤部分
に相当

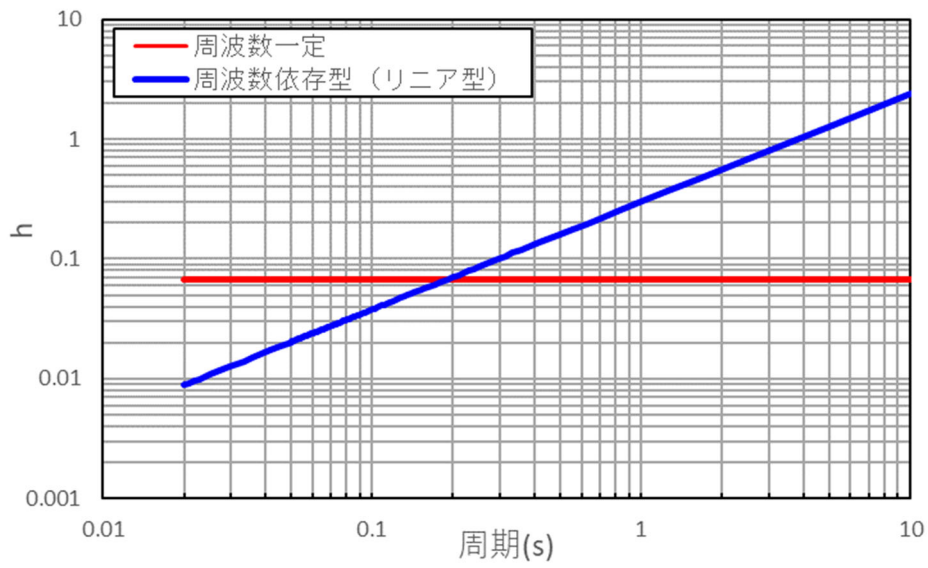
—— 目的関数（観測記録の伝達関数を平均して作成）
—— 周波数依存型（リニア型）
—— 周波数依存なし



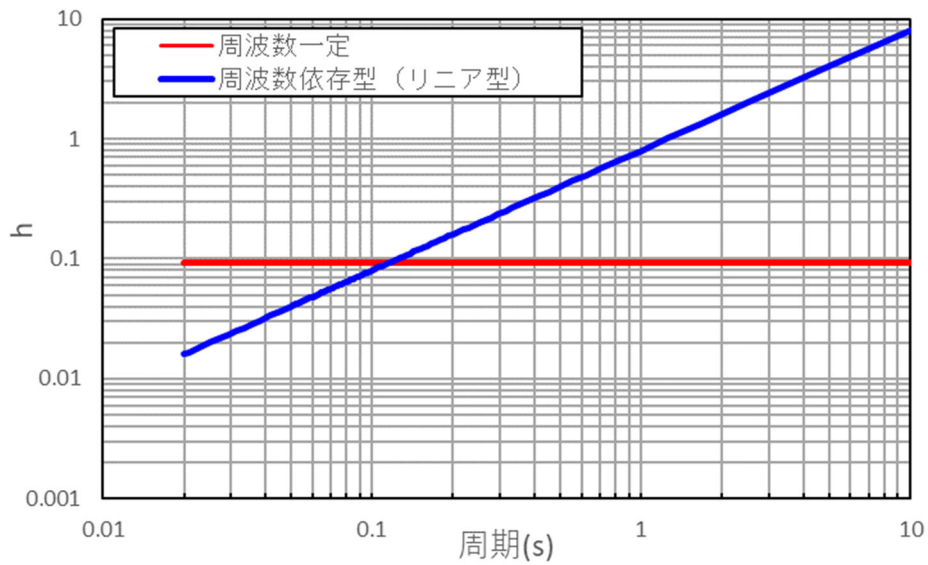
(a) 評価された物性値及び減衰定数

(b) 伝達関数適合状況

第 8.2.1-2 図 伝達関数の比較（中央地盤観測点：周波数依存性なし，鉛直）



第 8.2.1-3 図 減衰定数と周期の関係 (中央地盤観測点, 水平)



第 8.2.1-4 図 減衰定数と周期の関係 (中央地盤観測点, 鉛直)

8.2.2 適用性の確認に係る検討方針

「8.2.1 周波数依存性を考慮しない場合の減衰定数の評価」において評価した減衰定数について、周波数依存性を考慮する場合としない場合における伝達関数の乖離が、入力地震動の算定結果に対してどのように影響するか、「6.3.7 応答スペクトルによる評価」と同様に、地震観測記録のシミュレーションにより確認を行う。

ここで、周波数依存性を考慮しない条件が、設計上過小評価とならないことを確認する上では、本地盤モデルが、耐震設計において建物・構築物の入力地震動を算定するために用いることを踏まえ、建物・構築物の固有周期帯（水平 0.2～0.3 秒、鉛直 0.1 秒～0.2 秒）において、周波数依存性を考慮した場合のシミュレーション結果及び地震観測記録に対し、周波数依存性を考慮しない条件によるシミュレーション結果が保守的な値となることの確認により行う。

上記確認により、周波数依存性を考慮しない設定とした場合の地震観測記録のシミュレーション結果が、上記周期帯において保守的な地盤応答を与える場合においては、耐震設計上、周波数依存性を考慮しない設定することに問題は無いと判断する。

8.2.3 適用性の確認結果

周波数依存性を考慮しない場合の条件における地震観測記録のシミュレーション結果を、周波数依存性を考慮した場合の条件における結果とあわせて第 8.2.3-1 図に示す。

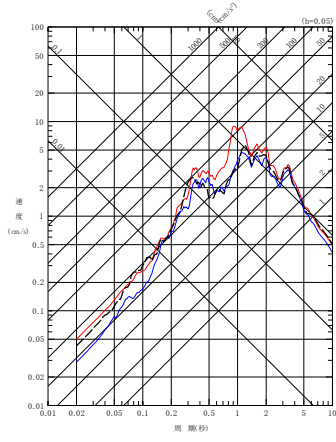
中央地盤において、周波数依存性を考慮しない場合は、長周期成分において、周波数依存特性を考慮する場合に比べて減衰定数を小さく評価することから、長周期成分の地盤応答を大きく与えることを確認した。

短周期側については、減衰定数を周波数依存特性を考慮する場合に比べて大きく評価することになるものの、地盤応答に対しては小さく評価されず、周波数依存性を考慮した場合と比較して、「8.1.2 適用性の確認に係る検討方針」に示した周期帯（水平 0.2～0.3 秒、鉛直 0.1 秒～0.2 秒）において、概ねいずれの地震においても、周波数依存性を考慮した場合のシミュレーション結果及び地震観測記録に対し、周波数依存性を考慮しない条件によるシミュレーション結果が大きな値となることを確認した。

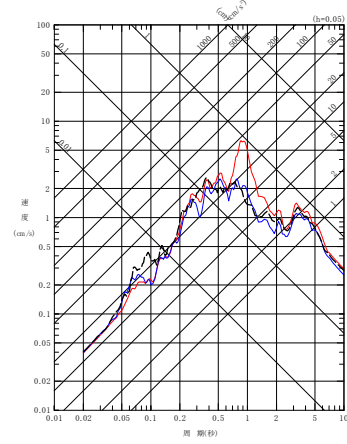
これは、周波数依存性を考慮しない条件により求められる伝達関数は、第 8.2.1-1 図及び第 8.2.1-2 図に示すとおり、周波数依存性を考慮した場合と比較して、長周期側を大きく評価する結果となっており、これに伴い、地盤応答の最大加速度についても大きく評価されることにより、応答スペクトル上、短周期側も合わせて大きく評価されるため、結果として全周期帯において保守的な評価となっているものと考ええる。

設定についての検討は追而

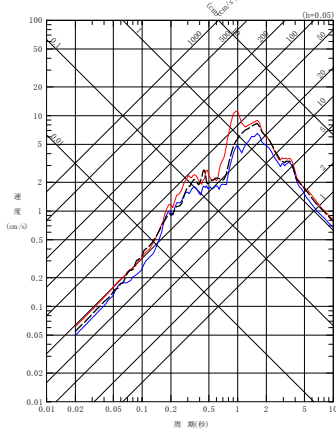
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 〓 周波数依存型 (1)ニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 〓 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



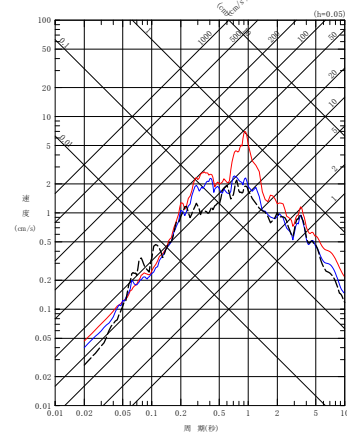
(a) NS 方向



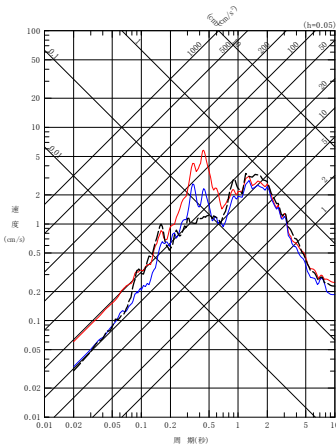
(a) NS 方向



(b) EW 方向

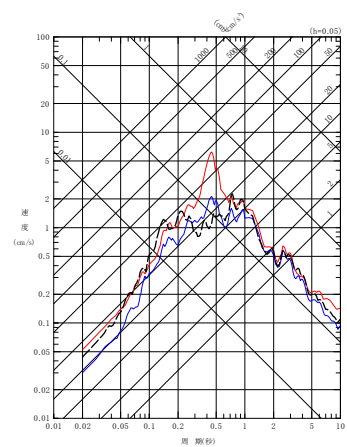


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(1) 200112022201 地震



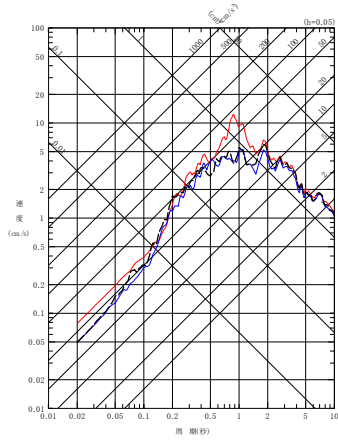
(c) UD 方向

(2) 200210142312 地震

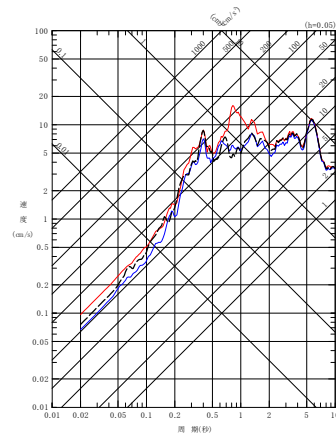
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (1/7)

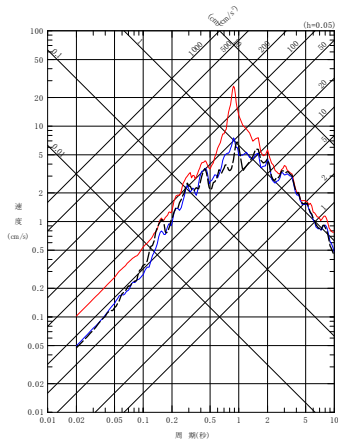
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 - - 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 - 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



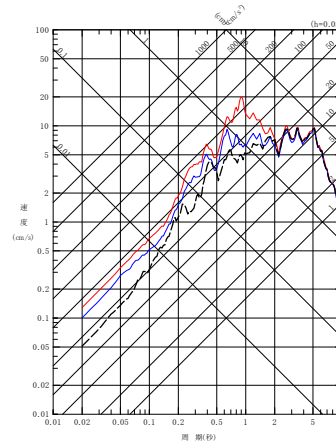
(a) NS 方向



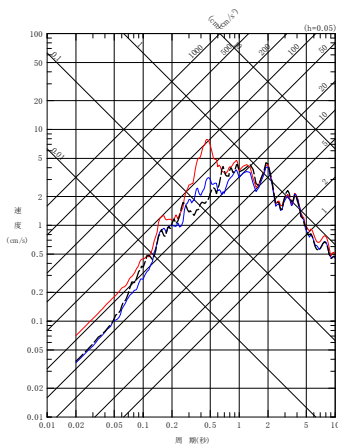
(a) NS 方向



(b) EW 方向

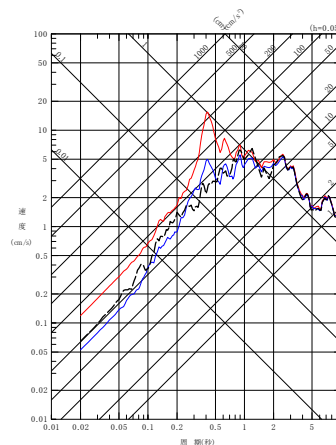


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(3) 200305261824 地震



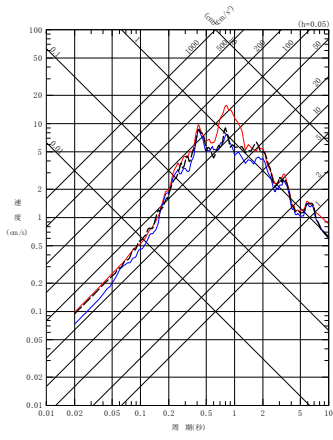
(c) UD 方向

(4) 200309260450 地震

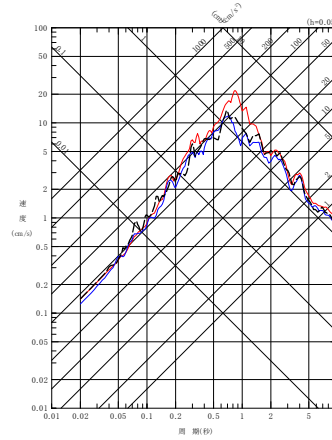
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (2/7)

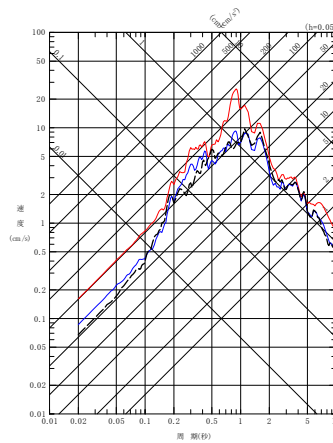
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 〓 周波数依存型 (1)ニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 〓 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



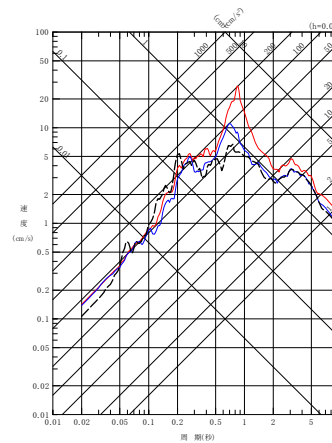
(a) NS 方向



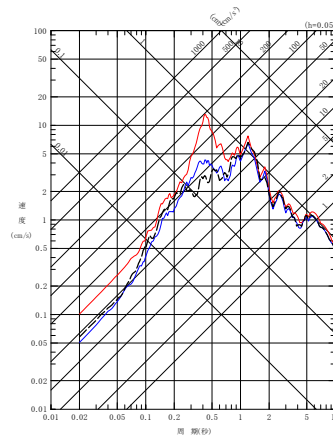
(a) NS 方向



(b) EW 方向

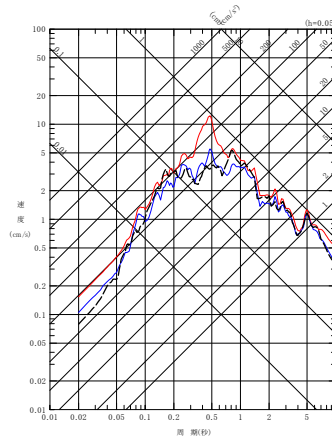


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(5) 2009260608 地震



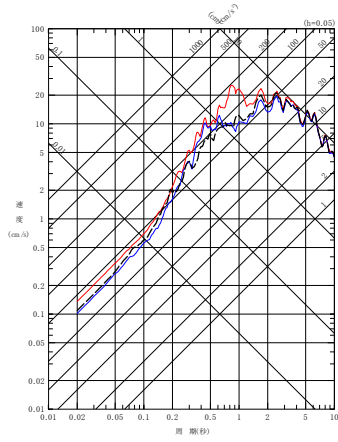
(c) UD 方向

(6) 200807240026 地震

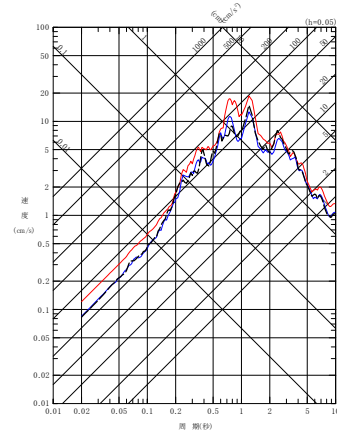
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (3/7)

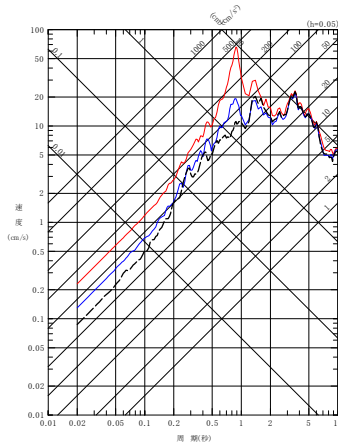
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 — 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 — 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



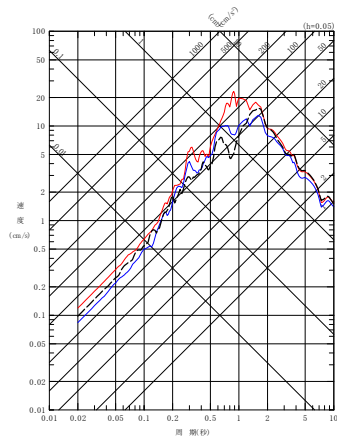
(a) NS 方向



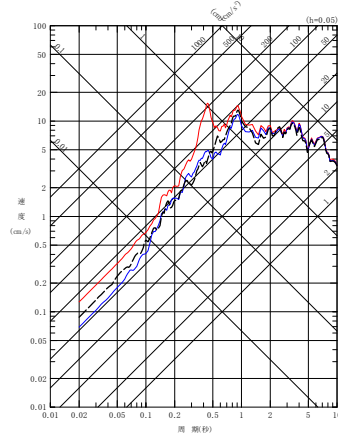
(a) NS 方向



(b) EW 方向

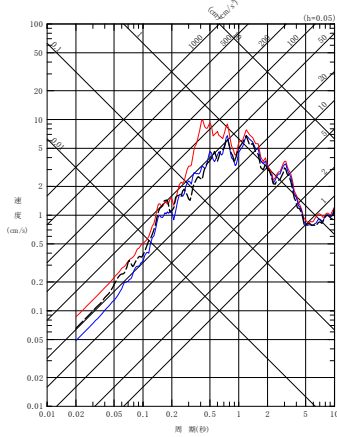


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(7) 201103111446 地震



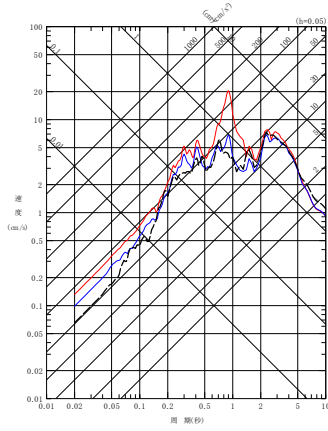
(c) UD 方向

(8) 201103111508 地震

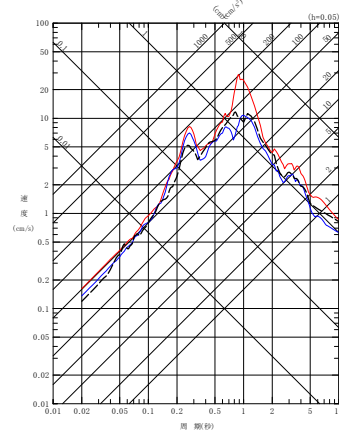
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (4/7)

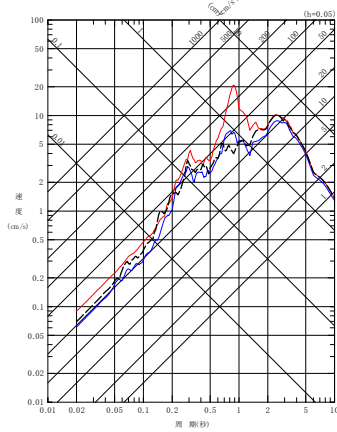
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 〓 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 〓 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



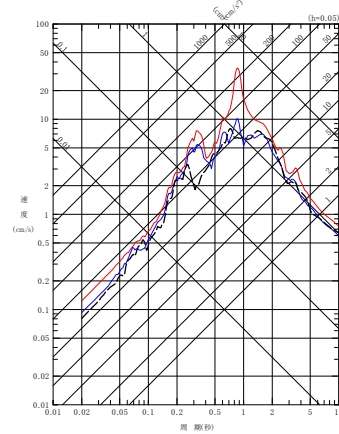
(a) NS 方向



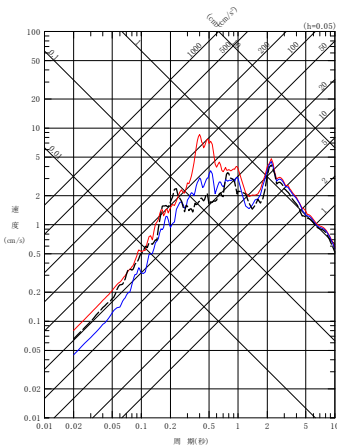
(a) NS 方向



(b) EW 方向

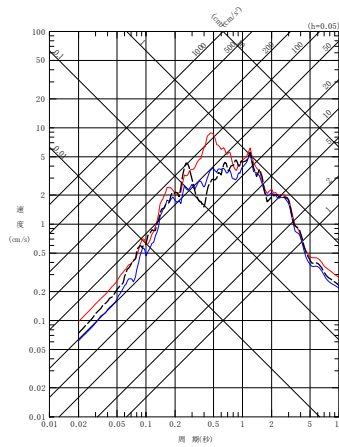


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(9) 201106230650 地震



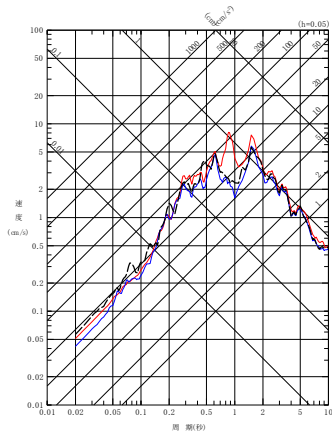
(c) UD 方向

(10) 201205240002 地震

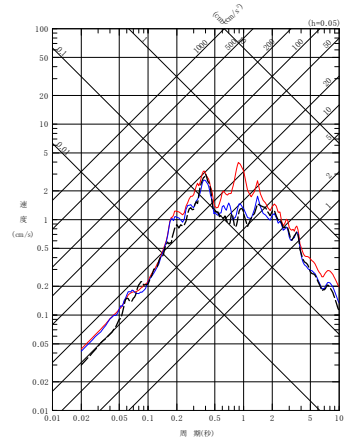
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (5/7)

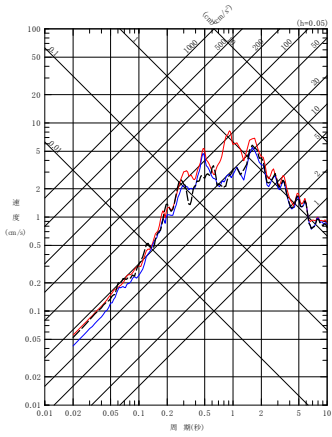
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 〓 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 〓 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



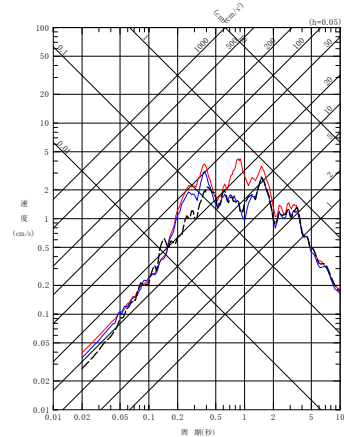
(a) NS 方向



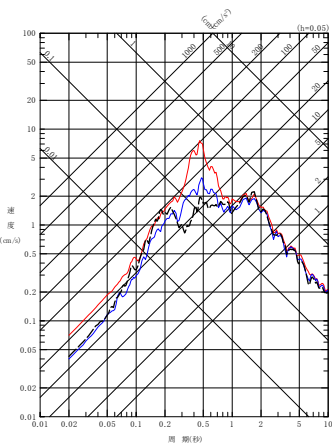
(a) NS 方向



(b) EW 方向

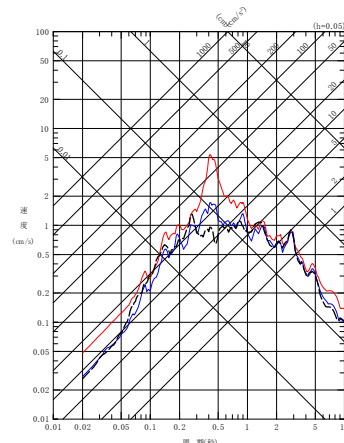


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(11) 201212071718 地震



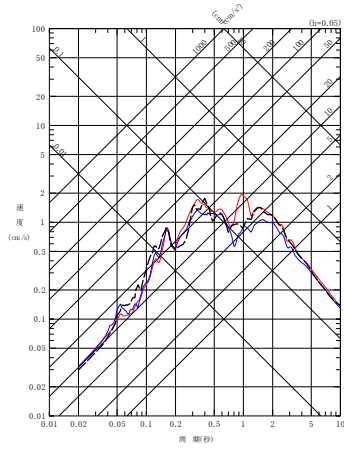
(c) UD 方向

(12) 201302022317 地震

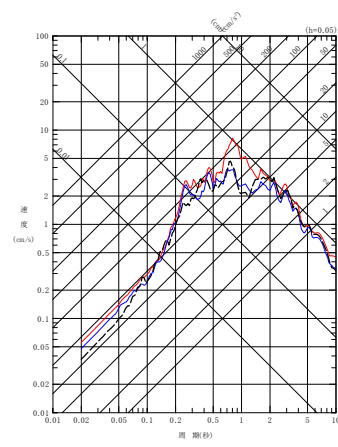
第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (6/7)

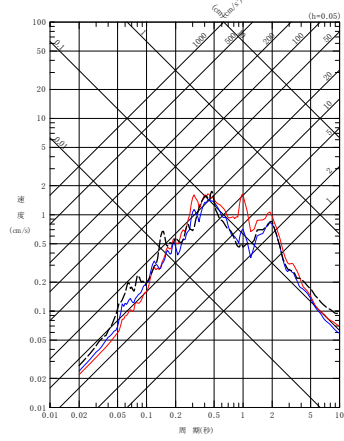
- - - 建屋基礎底面相当レベル (GL-18m) における観測記録
 〓 周波数依存型 (リニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
 〓 周波数依存なしの減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答



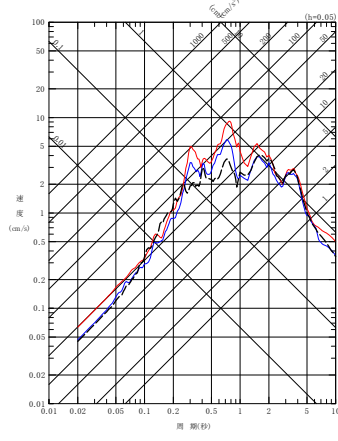
(a) NS 方向



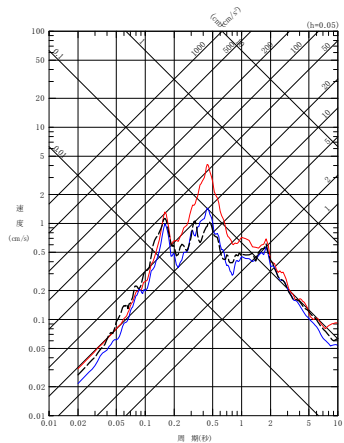
(a) NS 方向



(b) EW 方向

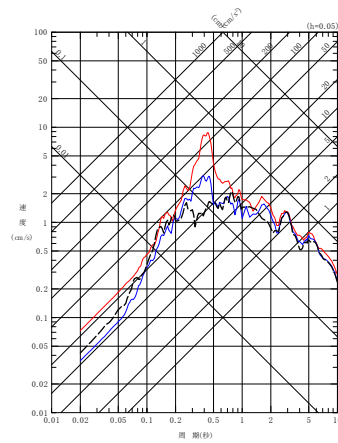


(b) EW 方向



(c) UD 方向

(13) 201507100332 地震



(c) UD 方向

(14) 201601141225 地震

第 8.2.3-1 図 同定された減衰定数による観測記録の再現確認結果

中央地盤観測点 (7/7)

8.3 ひずみ依存特性を考慮しない場合についての検討

本資料における減衰定数の評価結果との関係の確認として、「別紙 2-2 岩盤部分の剛性の非線形性に係る検討について」に示す、ひずみ依存特性（ $h - \gamma$ 曲線）に基づく S_s 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基づく考察を以下に示す。

「6. 敷地における地震観測記録を用いた減衰定数の評価結果」において、減衰定数の評価に用いた観測記録のうち、最大の加速度を有する地震は、最深部（GL-200m）において 30Gal 程度のものであることから、今回実施した評価では、地盤が線形状態であるときの材料減衰と散乱減衰が含まれた減衰定数を評価していると考えられることから、耐震設計上考慮する地震動のレベルに応じた考察を以下のとおり行った。

「4. 三軸圧縮試験による評価結果」に示した減衰定数のひずみ依存特性に基づき、中央地盤、東側地盤及び西側地盤の基本地盤モデルに設定している各岩種における S_s 地震時の材料減衰は以下のとおりであり、いずれの岩種においても、地盤の非線形化が進行することで、地盤の材料減衰が大きくなることを確認した。また、基準地震動 S_s を 1.2 倍した地震力に対しては、地盤のひずみは S_s 地震時に対しさらに大きくなることから、材料減衰も大きくなることとなる。

なお、地盤のせん断ひずみに対応する減衰定数については、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」に示す各岩種のひずみ依存特性（ $h - \gamma$ 曲線）を用いて算定した。

- ・細粒砂岩：線形条件：約 1.3%，非線形条件：約 2.3%
- ・泥岩（下部層）：線形条件：約 1.3%，非線形条件：約 1.6%
- ・粗粒砂岩：線形条件：約 1.6%，非線形条件：約 2.7%
- ・砂質軽石凝灰岩：線形条件：約 1.5%，非線形条件：約 2.9%
- ・凝灰岩：線形条件：約 1.5%，非線形条件：約 4.1%
- ・軽石凝灰岩：線形条件：約 1.3%，非線形条件：約 3.8%
- ・軽石質砂岩：線形条件：約 0.8%，非線形条件：約 2.0%
- ・軽石混り砂岩：線形条件：約 1.5%，非線形条件：約 3.5%
- ・礫岩：線形条件：約 0.3%，非線形条件：約 2.0%
- ・泥岩（上部層）：線形条件：約 1.4%，非線形条件：約 2.0%
- ・砂岩・凝灰岩互層：線形条件：約 2.0%，非線形条件：約 3.8%
- ・礫混り砂岩：線形条件：約 1.1%，非線形条件：約 2.7%

ひずみ依存特性（ $h - \gamma$ 曲線）により求めた減衰定数については、JEAG 4601-1987 に記載のとおり、地盤の非弾性的性質による材料減衰として示される。

しかし、JEAG4601-1987 においては、地盤の減衰定数について、材料減衰、散乱減衰及び各種波動現象を含んだ減衰定数となっていると言われており、評価手法ごとに、以下の関係性となっている。

$$h_{\text{室内試験 (材料減衰)}} < h_{\text{弾性波探査 (=材料+散乱)}} < h_{\text{地震観測}}$$

本資料において地震観測記録により評価した減衰定数は、線形条件における材料減衰、散乱減衰及び各種波動現象を含んだ値として評価されているものであり、 S_s 地震時には、上記のうち材料減衰が、線形条件における値（約 0.3%～約 2.0%）から大きくなる（約 1.6%～約 4.1%）ことを踏まえると、非線形状態が見込まれる S_s 地震時には、地震観測により評価した減衰定数は、さらに大きい値となると考えられ、入力地震動は小さく評価されることになる。

以上のことから、敷地の岩盤部分における減衰定数について、非線形性が入力地震動に与える影響を考慮した場合、線形条件とすることで、入力地震動を保守的に算定することになる。

なお、第 1 回申請（PA, A4B）において考慮した地盤の減衰定数については、三軸圧縮試験に基づく材料減衰のみを考慮した減衰定数を設定した。

本来であれば、「1. はじめに」に示した本資料における検討の位置付けと同様に、まずは一般的・標準的な地盤物性値の設定方法に基づき、敷地における岩盤部分の減衰定数として、材料減衰と散乱減衰を含めた減衰定数を把握した上で、パラメータの設定を行う必要があったが、第1回申請においては、本資料に示すような検討までは行わずに、上記の設定結果を示したものである。

ただし、材料減衰のみを考慮することにより、結果的に小さい値の減衰定数を採用していることになるため、一般的・標準的な減衰定数の方法に従った設定を考慮したとしても、第1回申請において算定した入力地震動が非安全側となることはない。

8.4 鉛直方向の減衰定数の扱い

本章では、水平方向と鉛直方向の地盤の実態を考慮したパラメータの値を比較し、「基本地盤モデル」の設定にあたり、いずれかの値に統一することが可能か検討を行う。

「8.2.1 周波数依存性を考慮しない場合の減衰定数の評価」敷地の岩盤部分における減衰定数について、水平方向と鉛直方向における評価結果を比較した表を第 8.4-1 表に示す。

水平方向と比較して鉛直方向の減衰定数が大きく評価されることについては、既往の知見においても同様の傾向が示されており、例えば藤堂ほか（1995）において、 $Q_p=Q_s/2$ または $Q_p=Q_s/1.5$ の関係が示されている。

敷地において同定された減衰定数は、上記知見よりも鉛直方向と水平方向の差が小さいものの、上記知見と同様に、鉛直方向の減衰定数が大きく評価されている。

「7. 地盤の実態を考慮したパラメータの設定」に示したとおり、地盤の実態を考慮したパラメータの設定にあたっては、水平方向と鉛直方向それぞれの評価結果を設定することとしているが、「基本地盤モデル」の設定にあたっては、減衰定数の小さい水平方向の値を、鉛直方向に対しても設定する。

これにより、鉛直方向の入力地震動を算定する上では、保守的なパラメータ設定となる。

第 8.4-1 表 岩盤部分における減衰定数の評価結果

地震観測地点	水平方向	鉛直方向	鉛直/水平
中央地盤	0.067	0.093	1.39

8.5 設計における保守性の観点での設定

「8.2 周波数依存特性を考慮しない設定の適用性」に示したとおり、周波数依存特性を考慮しない設定が、地震観測記録を大きく評価する傾向にあることから、「基本地盤モデル」の設定上は、周波数依存特性を考慮しない設定とすることにより、耐震設計上、入力地震動を設定する上では保守的な設定となる。

また、「8.4 鉛直方向の減衰定数の扱い」に示したとおり、鉛直方向の減衰定数については、水平方向よりも大きな値が評価されているが、「基本地盤モデル」の設定上は、水平方向の評価値に統一することにより、耐震設計上、鉛直方向の入力地震動を設定する上では保守的な設定となる。

以上を踏まえると、各地点における減衰定数は、水平方向及び鉛直方向ともに、中央地盤観測点においては6.7%の値となる。

最終的な「基本地盤モデル」の設定にあたっては、上記の中央地盤における結果に加え、東側地盤及び西側地盤における地盤の実態を考慮したパラメータ及び「8.2 周波数依存特性を考慮しない設定の適用性」～「8.4 鉛直方向の減衰定数の扱い」における確認結果を踏まえて設定する。

9. まとめ

追而

参考 1

岩盤部分の減衰定数の設定に係る追加調査

目 次

	ページ
1. 目的	参考-1
2. 追加調査の項目	参考-2
3. 実施計画	参考-4
4. 予定工程	参考-43

1. 目的

基本地盤モデルにおいて、岩盤部分（建屋基礎底面レベル～解放基盤表面）に対して設定した減衰定数に対し、信頼度向上の取り組みとして、追加ボーリング調査によりデータを取得する。

岩盤部分の減衰定数については、JEAG4601-1987に示される3手法（三軸圧縮試験による方法、弾性波探査（ここでは減衰定数の算出に特化した探査をS波検層と呼ぶ）による方法、地震観測記録による方法）を用い、敷地における減衰定数の値を評価しているが、このうち、S波検層による方法については、現時点において、そのデータが敷地内3地点で実施されているが、近接する建屋のグループ単位において岩盤部分の物性値等の設定を行う方針としていることを踏まえると、上記の3地点におけるデータが、全12グループにおいても同じ特徴を有しているか確認し、3地点におけるS波検層による評価結果との整合性を確認する必要があることから、S波検層による評価結果の信頼性向上の取り組みとして、追加調査を実施する。

また、三軸圧縮試験による方法に基づく減衰定数として、事業変更許可申請書に示すとおり、岩盤種別ごとにひずみ依存特性を設定しているが、他サイトにて実績のある岩石コアを用いた弾性波速度試験を実施し、両者の整合性を確認することで、信頼度の高い減衰定数を設定することができるため、あわせて追加調査を実施する。

本追加調査により得られたデータについては、地震観測記録による方法によって評価した岩盤部分（建屋基礎底面レベル～解放基盤表面）の減衰定数との比較・分析を行い、地震観測記録により評価された値の妥当性を確認することにより、基本地盤モデルに設定する岩盤部分の減衰定数の信頼度の向上を図る。

2. 追加調査の項目

現地における追加調査の項目は、資料「岩盤部分の減衰定数の設定に係る今後の検討内容」（令和5年6月30日）の5頁に示す表の検討手法うち、「ボーリング孔内減衰測定による検討」と「岩石コアを用いた減衰測定による確認」に対応し、孔内検層によるQ値測定及び室内岩石試験を実施する。参考1-2-1表に追加調査の考え方を示す。

ボーリング孔を用いた減衰測定による検討については、敷地内3地点で得られているおり、追加調査も同様の手法（せん断弾性波の地表から深部に向かう振幅の変化）で実施するが、新たな計測方法を適用することで精度は向上するものと考えられる。

また、岩石コアを用いた弾性波速度測定による減衰測定については、繰り返し三軸試験から得られる履歴減衰（材料減衰）との整合性を確認することから敷地内地盤での主要岩種を用いて室内岩石コア試験を実施する。

参考 1-2-1 表 追加調査の考え方

検討手法	これまでの 当社実施状況	追加調査の考え方	(参考) 実施サイト
ボーリング 孔内減衰測 定による 検討	実施 (敷地内 3 地点)	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点のデータ (3 地点) に基づき、施設の固有振動数よりも高振動数側をターゲットとした評価ではあるが、地震観測記録による方法により評価した減衰定数の妥当性を補完・補強する位置づけで測定結果を確認している。 ・ただし、現時点において敷地内で得られているデータは中央、西側、東側地盤の各 1 地点ずつ計 3 地点のみであること、また、東側地盤においては、ばらつきの大きいデータとなっていることから、さらなる確度の向上のためにデータの拡充を行う。 ・現時点のデータ+拡充したデータに基づき、測定結果に見られる周波数依存特性の特徴を踏まえ、地震観測記録を用いた評価により評価される施設の固有振動数帯における減衰定数との関係性について考察を行う。 	玄海 3, 4 号 東海第二 大間
岩石コアを用いた減衰測定による確認	未実施	<ul style="list-style-type: none"> ・他サイト実績において、地震観測記録が得られていない深部における減衰定数を設定する上で、地震観測記録が得られている浅部との地下構造の相対関係の確認を目的として実施しているもの。 ・今回検討における減衰定数の評価範囲のうち、建屋基礎底面レベル～解放基盤表面の岩盤部分において、当社は地震観測記録を有しているほか、S 波検層によるデータを有し、更に、確度向上のためデータの拡充を行うこととしていることから、建屋基礎底面レベル～解放基盤表面の岩盤部分における減衰定数の設定に用いるデータは有していると考えられる。 ・ただし、本測定において得られる値の物理的な意味 (材料減衰を主として測定) を踏まえ、地震観測記録及びボーリング孔内減衰測定による検討により評価された減衰定数 (材料減衰と散乱減衰の両方が含まれる) との比較・分析を行うことで、敷地において確度の高い減衰定数を設定することが可能となるため、今回の追加調査において新たなデータの取得を実施する。 	玄海 3, 4 号

3. 実施計画

2. に示した追加調査項目に対する実施計画を以下に示す。

(1) ボーリング調査位置

ボーリング調査位置を参考 1-3-1 図に示す。

ボーリングの仕様は、孔径 86mm (コア径 60~65mm) のオールコアボーリングとし、地質観察により岩盤の種別判定等を適切に行うとともに、採取したコアから室内岩石試験に供する供試体を切り出すものとする。

当該地点は、建物・構築物が広範囲に拡がりを持って配置されるサイトであることを踏まえ、建屋の配置状況に基づき、既往のボーリング調査位置もあわせ、建物・構築物に対して、複数の調査結果を適用できるよう配慮して調査位置を選定する。

具体的には、既往のボーリング調査において、西側地盤、中央地盤、東側地盤の各 1 地点でデータを取得していることから、建屋の配置状況を踏まえて下記の追加調査孔を配置する。

西側地盤：既往 J-T 孔に加え、E 施設周辺 Gr を南北で挟み込むように、R5-Q5 を追加する。

中央地盤：中央地盤は南北に広く建物が分布していることから、GC 建屋群、GA 建屋群に R5-Q1, R5-Q11 を追加、AA 建屋群については、R5-Q2, R5-Q10 を追加、F 施設周辺 Gr には、既往の L-T 孔に加えて R5-Q9 を追加、敷地北側の AE 建屋近傍に R5-Q6 を追加する。

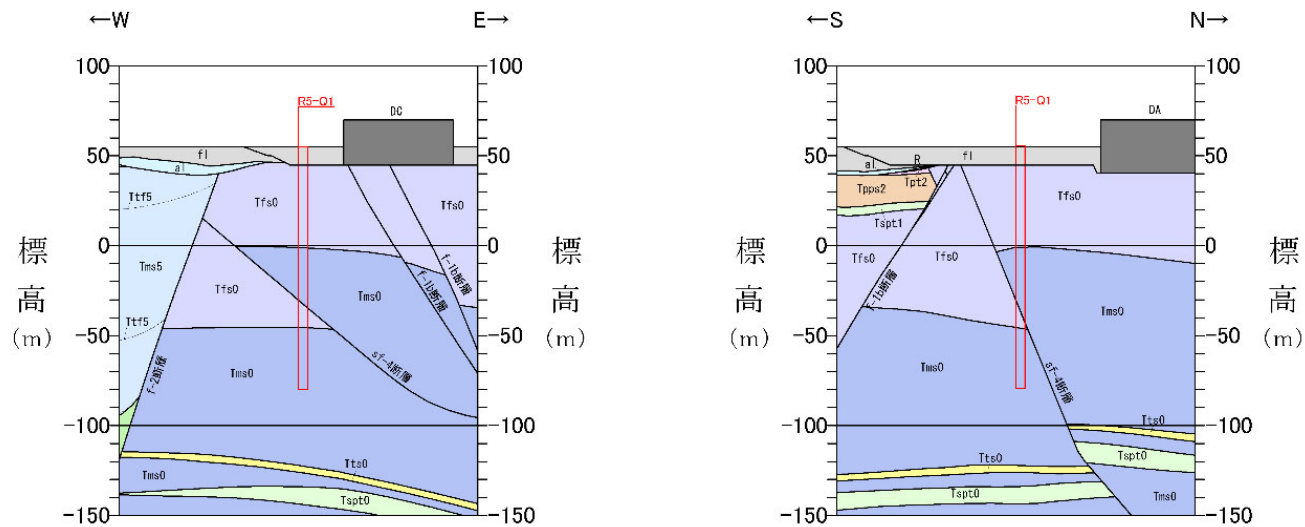
東側地盤：既往 E-T 孔は、建物から離れた位置で実施していること、また、東側地盤は南北に建物が分布していることから、R5-Q7 及び R5-Q12 を追加する。

さらに、敷地東側に新設建屋が設置される Gr がある (AZ 周辺及び G13 周辺) ことから、先の R5-Q7 に加えて、R5-Q8 を追加する。さらに、東側に離れた G14 については、建屋隅角部に出現する sf-6 断層 (面なし断層) の上盤、下盤それぞれ R5-Q3, R5-Q4 を追加する。

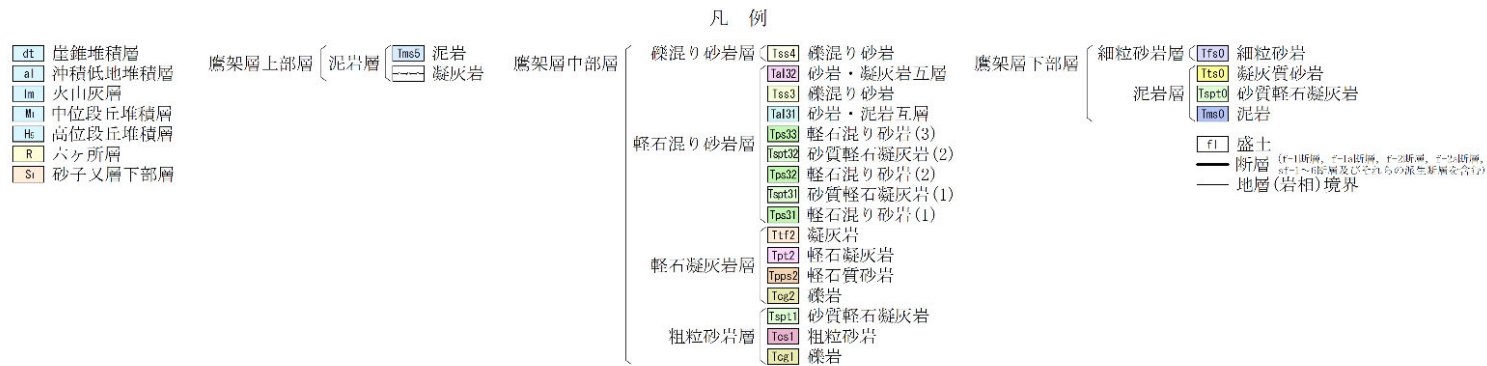
Q 値測定孔の敷地内での配置条件としては、弾性波測定であることから伝達速度に影響を与える建物・構築物からの離隔を十分に確保する。

また、上記の Q 値測定孔の地質断面図を参考 1-3-2 図に示す。本検討においては、岩種ごとに減衰定数を区分することはしないが、弾性波速度の速度構造、減衰定数の変化については、岩種境界を配慮することも考える。

選定位置の状況を参考 1-3-3 図及び参考 1-3-1 表に示す。選定したボーリング孔から最寄り建屋までの離隔距離として最も短い R5-Q11 孔は 10m 程度であるが、震源をボーリング孔から建屋の反対方向 (北側) に設定することにより、建屋などの既設構造による反射波等の影響を受けることはない想定している。また、解析に使用する直達波以外の反射波等は時間的に直達波のあとから到達し、その特徴から直達波と分離、除去することが可能である。地表面が舗装されている箇所については、波形に影響がないことを事前に確認し、影響がある場合は舗装の撤去等処理を加えた状態で実施するものとする。



R5-Q1



参考 1-3-2 図 Q 値ボーリング断面図 (1/12)

参考-6