

再処理施設 廃棄物管理施設

設工認申請の対応状況について 基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

令和6年2月29日

目次

1. 前回会合の指摘事項に対する回答	6
2. データの取得及び信頼性の確認	17
3. データの敷地への適用	33
4. データの整理	41
5. データの再整理	170
6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定	187
7. 設計に用いる地盤モデルの設定	233
8. 今後の対応	280

「第五条 安全機能を有する施設の地盤」、 「第六条 地震による損傷の防止」の説明方針

【説明事項】

- Sクラスの耐震設計（Ss、Sd、水平地震力3Ci※、保有水平耐力）
 - Bクラスの耐震設計（1.5Ci※、上位クラスへの波及影響）
 - Cクラスの耐震設計（1.0Ci※、上位クラスへの波及影響）
- ※建物構築物の場合。機器・配管系の場合は20%増しとして算定。

灰枠：説明済みの事項

緑枠：今回一部説明する事項

分類		申請対象設備	1. 設計条件及び評価判断基準	2. 具体的な設備等の設計	3. 具体的な設備等の設計と評価判断基準との照合
A. 新規に設置するもの		【再処理施設】 Sクラス：4基 Cクラス：2,083基(Sクラスへの波及影響：21基) ^{*1} 【廃棄物管理施設】 Cクラス：5基	Sクラスの耐震設計、 B、Cクラスの耐震設計（上位クラスへの波及影響）に係る設計条件及び評価判断基準（特に、基準地震動に基づく入力地震動の策定）	2-1：システム設計、構造設計等 ・構造図、系統図等	3-1：設計要求等との照合
B. 既設	B-1: 設計条件が変更になったもの	【再処理施設】 Sクラス：2,284基(耐震クラス変更：104基) Bクラス（Sクラスへの波及影響を考慮）：60基 Cクラス（Sクラスへの波及影響を考慮）：6基 【廃棄物管理施設】 Sクラス：9基 Cクラス（Sクラスへの波及影響を考慮）：3基		2-2：解析・評価等 ・FRS、解析モデル、耐震評価等	3-2：評価判断基準等との照合 ・評価結果等と許容限界の比較
	B-2: 設計条件が追加になったもの	-		2-1：システム設計、構造設計等 （工事有の場合）	3-1：設計要求等との照合
	B-3: 新たに申請対象になったもの	-		2-2：解析・評価等 ・FRS、解析モデル、耐震評価等	3-2：評価判断基準等との照合 ・評価結果等と許容限界との比較
	B-4: 設計条件に変更がないもの	【再処理施設】 Bクラス：1,134基 ^{*2} Cクラス：1,817基 ^{*1,2} 【廃棄物管理施設】 Bクラス：9基 Cクラス：188基	変更がないこと の理由を説明	-	

*1: Cクラスに分類される設備のうち、11・35条「火災等による損傷の防止」と12条「再処理施設内における溢水による損傷の防止」にて機能維持を要求する設備の評価方法等はB-1のSクラスと合わせて説明する方針

*2: B-4のB・Cクラスに分類される設備のうち、12条「再処理施設内における溢水による損傷の防止」で溢水源から除外する設備の評価方法等はB-1のSクラスと合わせて説明する方針

【主な説明内容】

- 申請対象設備を重要度毎に明確化 ➡ 申請対象設備は説明済み
 * 既設設備の工事の有無や解析モデル等の評価方法の変更の有無は引き続き精査する。
- 設計条件及び評価判断基準の明確化（特に、基準地震動に基づく入力地震動の策定） ➡ P6～281
- 同じ評価方法になるものについては、同じ評価方法の纏まりを説明したうえで合理的に説明

「第三十二条 重大事故等対処施設の地盤」、「第三十三条 地震による損傷の防止」、「第三十六条 重大事故等対処設備」のうち地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計の説明方針

【説明事項】

- 常設耐震重要SA設備の耐震設計（Sクラスの機能を代替（新設、既設にSA設備の条件を追加））
- 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計（1.2Ss（常設設備・可搬型設備））
- 常設耐震重要SA設備以外の常設SA設備の耐震設計（B、Cクラスの機能を代替）

■ 灰枠：説明済みの事項

■ 緑枠：今回一部説明する事項

分類	申請対象設備	1. 設計条件及び評価判断基準	2. 具体的な設備等の設計	3. 具体的な設備等の設計と評価判断基準との照合	
A.新規に設置するもの	【再処理施設】 常設耐震重要：1、148基 常設耐震重要以外：130基 可搬型設備：2、693基	常設耐震重要SA設備の耐震設計（Ss）、地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計（1.2Ss）等の設計条件及び評価判断基準	2-1：システム設計、構造設計等 ・構造図、系統図等 2-2：解析、評価等 ・入力地震動、FRS、解析モデル、耐震評価等（S、B、C、1.2Ss） ・地震を要因とする重大事故等に対する施設の評価判断基準の設定（1.2Ss）等	3-1：設計要求等との照合 3-2：評価判断基準等との照合 ・評価結果等と許容限界の比較等	
B.既設	B-1:設計条件が変更になったもの		-	-	-
	B-2:設計条件が追加になったもの		【再処理施設】 常設耐震重要：807基 常設耐震重要以外：130基	2-1：システム設計、構造設計等（工事有の場合） 2-2：解析、評価等 ・入力地震動、FRS、解析モデル、耐震評価等（S、1.2Ss） ・地震を要因とする重大事故等に対する施設の評価判断基準の設定（1.2Ss）等	3-1：設計要求等との照合 3-2：評価判断基準等との照合 ・評価結果等と許容限界の比較等
	B-3:新たに申請対象になったもの		-	-	-
	B-4:設計条件に変更がないもの		-	-	-

【主な説明内容】

- 申請対象設備を重要度毎に明確化 ➡ 申請対象設備は説明済み
* 既設設備の工事の有無や解析モデル等の評価方法の変更の有無は引き続き精査する。
- 設計条件及び評価判断基準の明確化（特に、基準地震動に基づく入力地震動の策定）
- 同じ評価方法になるものについては、同じ評価方法の纏まりを説明したうえで合理的に説明
- 入力地震動の策定は第五条、第六条と共通するため併せて合理的に説明

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

■ 前回までの説明

- ① **データの取得及び信頼性の確認**（本資料の2.に対応）
 - ・ 前々回会合からの追加項目について、データ及び信頼性の確認結果について説明
- ② **データの敷地への適用**（本資料の3.に対応）
 - ・ 敷地内の各位置で用いるデータについて説明
- ③ **データの整理**（本資料の4.に対応）
 - ・ 各グループにおけるデータの整理結果について説明
- ④ **データの再整理**（本資料の5.に対応）
 - ・ 近接するグループ間の地盤の類似性に着目した確認結果に基づき、データを再整理した結果について説明
- ⑤ **敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定**（本資料の6.に対応）
 - ・ 上記の整理結果を踏まえた各因子における敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定方針について説明

■ 今回の説明

- ① **前回会合の指摘事項に対する回答**（本資料の1.に対応）
 - ・ 2.及び4.の内容について、前回会合の指摘事項及びその回答について説明
- ② **データの再整理**（本資料の5.に対応）
 - ・ データが得られている地盤の特徴を踏まえた上で、改めてデータを再整理した結果について説明
- ③ **敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定**（本資料の6.に対応）
 - ・ 上記の整理結果を踏まえた各因子における敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定について説明
- ④ **設計に用いる地盤モデルの設定**（本資料の7.に対応）
 - ・ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を踏まえた各因子における設計に用いる地盤モデルの設定について説明

⇒上記の検討は電力会社、メーカ、ゼネコンの専門家の意見を十分に頂きつつ慎重に実施した。

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

○前回会合での指摘事項

No.	前回審査会合の指摘事項	指摘事項に対する回答方針
1	【C.岩盤部分の減衰定数に係る指摘事項（前回会合資料P13）】 データの信頼区間や試験の特徴を踏まえ、既往データの扱いについて検討すること。	既往の試験結果については、計測技術が向上した追加調査における結果と比べると、信頼性の観点で既往データを同一の取り扱いとすることは適切ではない可能性があることから、本検討においては、より広い信頼区間を有すると考えられる追加データを用いることとし、既往データについては参考データとして取り扱う。
2	【D.表層地盤の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P15）】 埋戻し土について、今回の追加調査結果を含めた整理に問題がないことについて改めて説明すること。	近傍する孔のデータ（w-1孔, No.8孔）の棄却を仮定した検討を行い、物性値への影響を確認する。
3	【A.岩盤部分の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P27）】 岩盤部分の物性値等の平均化における各岩種の単位体積重量及び非線形性の扱いについて説明を行うこと。	岩盤部分の物性値等における各岩種の単位体積重量及び非線形性の設定の考え方について整理する。
4	【A.岩盤部分の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P30）】 断層の影響確認における上盤側及び下盤側の条件設定に用いるPS検層結果の適用について、統一的な考え方及び個々の施設において判断した内容の説明を行うこと。	断層の影響確認における上盤側及び下盤側のPS検層結果の適用について、統一的な考え方及びACグループにおいて個別に判断した内容を整理する。
5	【B.岩盤部分の剛性の非線形性に係る指摘事項（前回会合資料P36他）】 岩盤部分の剛性の非線形性について、その影響をより正確に確認する観点で、表層を取り除いた条件での検討を行うこと。	各建物・構築物の基礎底面レベルにおける入力地震動（2E波）を算定し、これまでの検討結果と合わせて、入力地震動に対する岩盤部分の剛性の非線形性の影響を検討する。 岩盤部分の剛性の非線形性の影響については、岩盤部分のみに着目した結果として、2E波による結果に基づき、影響の有無について判断。
6	【C.岩盤部分の減衰定数に係る指摘事項（前回会合資料P38他）】 岩盤部分の減衰定数については、バイリニア型の同定結果を含め、各手法の整理結果について網羅的な分析を行い、丁寧な説明を行うこと。	「C-3：地震観測記録を用いた同定」において、バイリニア型の周波数依存性を仮定した場合の減衰定数の同定及び地震観測記録を用いたシミュレーション解析により、地震観測記録の再現性を確認していることから、その結果を記載。 なお、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」にて、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定するにあたっては、リニア型・バイリニア型を仮定して同定された減衰定数も含め、各手法に対する網羅的な分析を行った結果を示す。
7	【D.表層地盤の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P40他）】 表層地盤の物性値等について、埋戻し土を設定することの判断根拠として、平面・断面図を用いた建物・構築物周辺の状況について説明を行うこと。	各グループにおける表層地盤の分布状況について、平面図及び断面図を用いた整理を行う。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

【No.1】 C.岩盤部分の減衰定数に係る指摘事項（前回会合資料P13）

➤ データの信頼区間や試験の特徴を踏まえ、既往データの扱いについて検討すること。

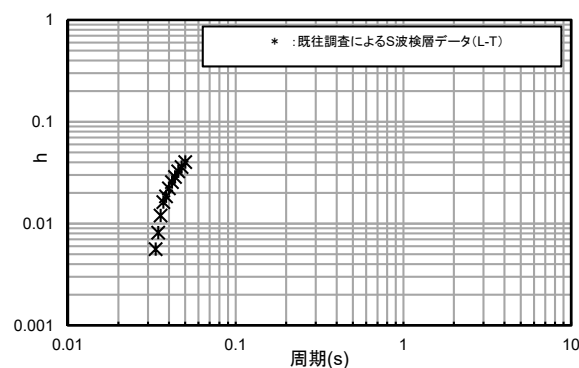
【回答】

➤ 以下に示すとおり、既往データの信頼区間に関する分析を行い、信頼区間を設定し、データの扱いに係る方針を設定し、「2.」に反映。

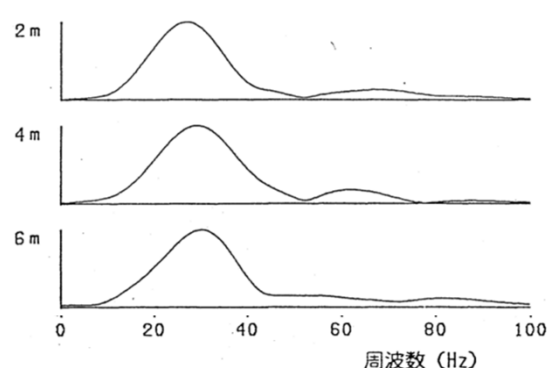
● 既往データの信頼性に係る検討

【中央地盤】

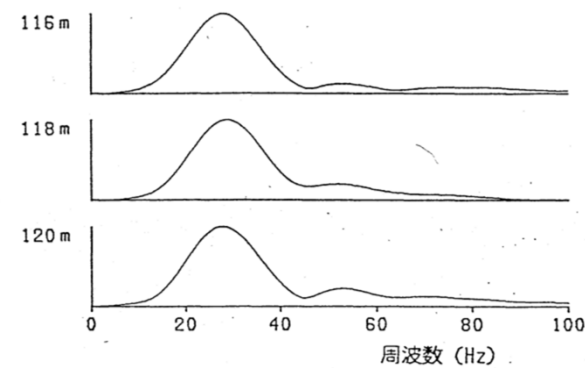
- 既往データの取得は、板叩き法により実施していることから、追加データにおいて使用しているような多様な周期成分を有するスイープ波形よりも、加振波のピーク周期が限定的であり、信頼区間も狭くなっていると考えられることから、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認した。
- 加振波に近い傾向を示していると考えられる地表付近における観測波のフーリエスペクトルは、約30Hz（=0.03秒）付近のみの狭い領域にピークを有している。ただし、この傾向を有した波形が、解放基盤表面まで形状を維持したまま伝播していることから、当該ピークに該当する減衰定数としては、信頼性が高い値が得られていると考えられる。
- ただし、当該ピークよりも長周期側及び短周期側においては振幅が小さくなっていることから、S波検層データにおける周波数特性の傾きまでは、信頼性の高いデータとして得られていない可能性がある。
- 以上を踏まえると、多様な周期成分を有するスイープ波形によるデータを取得している追加データと、上記のとおり加振波の特性や信頼区間の異なる既往データを同一の取り扱いとすることは適切ではない可能性があることから、本検討においては、より広い信頼区間を有すると考えられる追加データを用いることとする。



中央地盤（L-T孔）
既往調査によるS波検層結果



(a)地表付近



(b)解放基盤表面付近

中央地盤（L-T孔）
既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

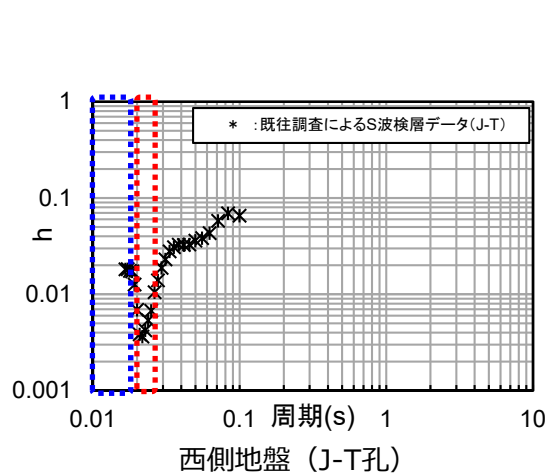
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

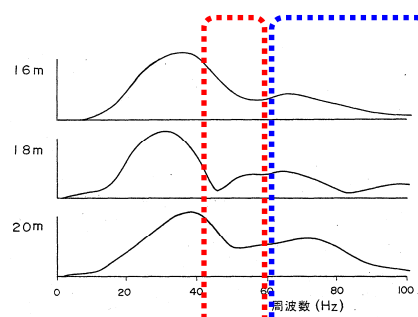
● 既往データの信頼性に係る検討

【西側地盤】

- 中央地盤と同様に、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認した。
- 加振波に近い傾向を示していると考えられる地表に最も近い観測深さ（深さ16m）における観測波のフーリエスペクトルは、約50Hz（＝周期0.02秒）付近に谷が見られ、信号成分が他周期と比較して小さい。また、この谷よりも高周波数側のピークの形状は、深さに応じてその形状が大きく変動していることから、S波検層データの高周波数側（＝短周期側）における信頼性は低いと考えられる。
- 既往のS波検層データにおいて、周期0.03秒付近で急激に減衰定数の値が低下し、0.02秒付近で再度急上昇する傾向は、上記に起因するものであると考えられる。
- 上記を踏まえると、西側地盤における既往データについては、波形のピークの形状が概ね一様の形状を維持しており、S波検層データにおいても谷が現れていない、周期0.03秒よりも長周期側においては、信頼性を有するデータとして扱うことに問題は無いと考えられる。
- ただし、上述のとおり多様な周期成分を有するスイープ波形によるデータを取得している追加データと、上記のとおり加振波の特性や信頼区間の異なる既往データを同一の取り扱いとすることは適切ではない可能性があることから、本検討においては、より広い信頼区間を有すると考えられる追加データを用いることとする。

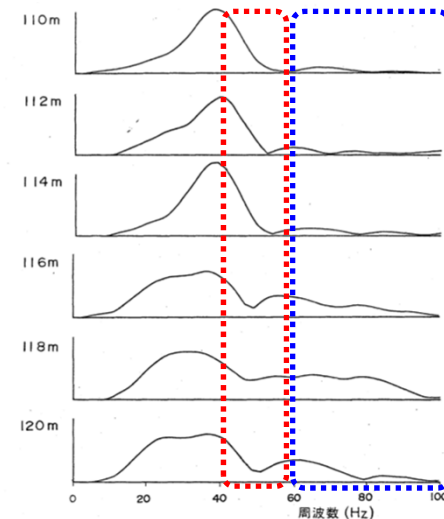


既往調査によるS波検層結果



地表付近から谷が見られ、他周波数と比較して信号成分が小さい

(a) 地表付近



高周波数側ピークの形状が解放基盤表面付近まで含め、深さごとに一定していない

西側地盤（J-T孔）

既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

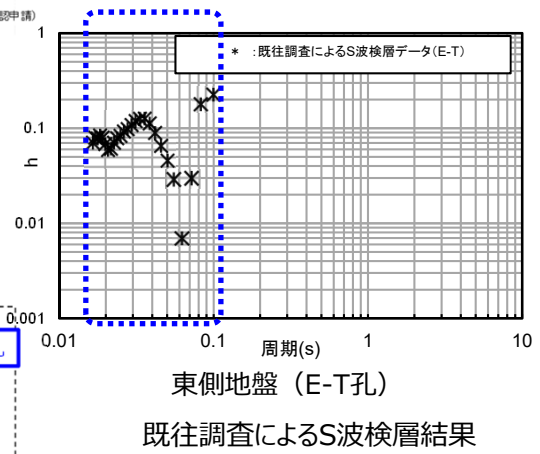
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

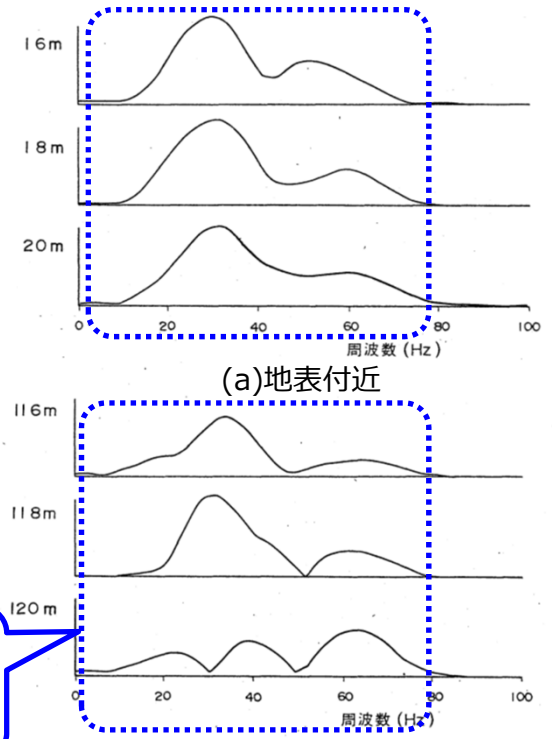
● 既往データの信頼性に係る検討

【東側地盤】

- 東側地盤における既往データは、設定したグループから離れたE-T孔において得られていることから、今回検討においては用いないこととする。
- なお、参考に、中央地盤並びに西側地盤と同様に、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認した結果、地表付近の取得波形に対し解放基盤表面付近の観測波形のピーク形状が大きく異なる傾向が見られることから、S波検層データに見られる大きな山谷は、これに起因したものであると考えられる。



高周波数側ピークの形状が解放基盤表面付近まで含め、深さごとに一定していない



既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

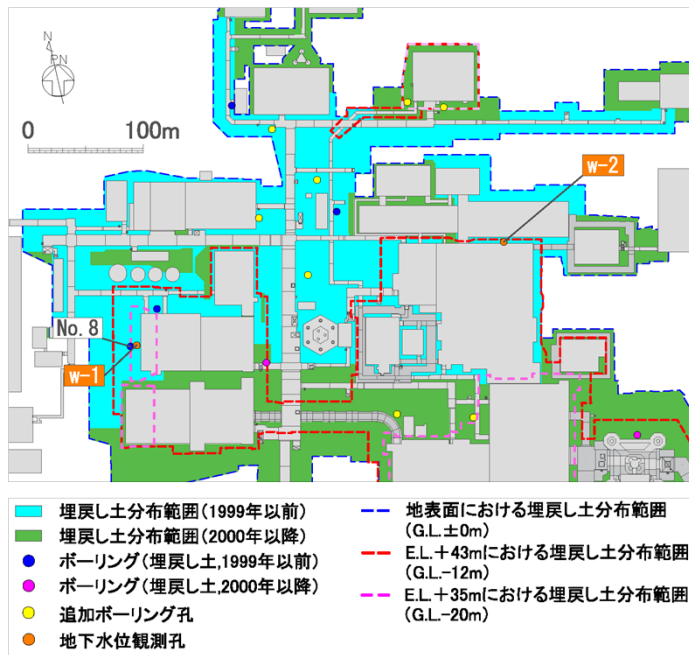
【No.2】 D.表層地盤の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P15）

➤ 埋戻し土について、今回の追加調査結果を含めた整理に問題がないことについて改めて説明すること。

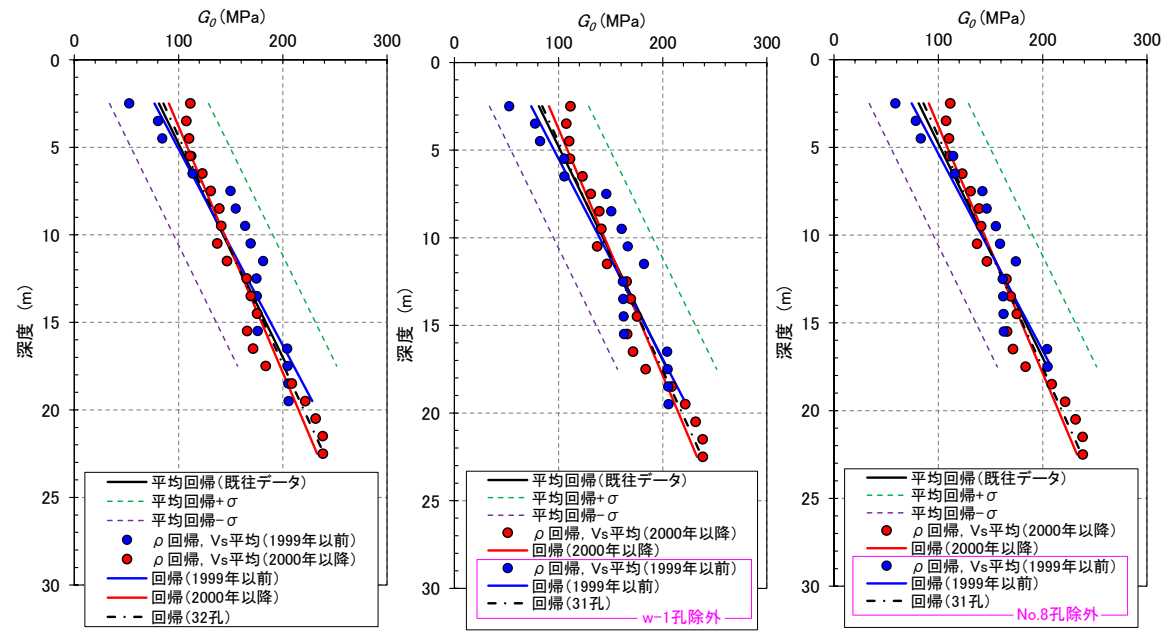
【回答】

➤ 近傍する孔のデータ（w-1孔, No.8孔）の棄却を踏まえた物性値への影響について以下に示すとおり確認し、「2.」に反映。

- 今回追加した地下水位観測孔2孔のうち1孔（w-1孔）が既往調査におけるNo.8孔と近傍（左下図の南西部、6m程度の離隔）にあることから、これら近傍の2孔のデータによる重みが全体の整理結果に影響を与えないことを確認した。
- 施工年代別のVs平均から求められる G_0 分布について、全32孔としたもの、w-1孔を除外した31孔としたもの及びNo.8を除外した31孔としたものの比較を右下図に示す。それぞれの1孔を抜いた各2ケースは、全32孔を用いたものと大きな差は認められない。
- 以上より、全孔から得られる G_0 分布に対して、近傍にあるそれぞれの孔を棄却した G_0 分布には、同様の傾向（既往データのばらつき範囲内、 G_0 分布回帰）が得られていることから、w-1孔を含む32孔による整理に問題はない。



1999年以前の施工範囲における調査位置図



施工年代別のVs平均による G_0 分布と回帰（近傍孔の影響確認）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

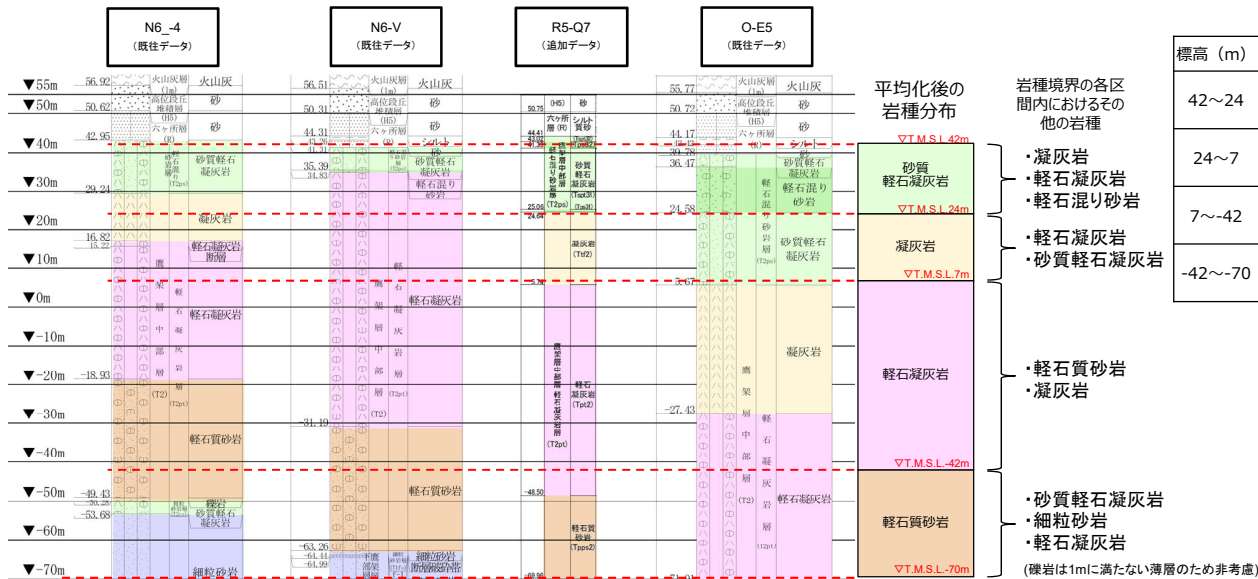
【No.3】 A.岩盤部分の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P27）

➤ 岩盤部分の物性値等の平均化における各岩種の単位体積重量及び非線形性の扱いについて説明を行うこと。

【回答】

➤ 以下に示すとおり、各岩種における単位体積重量及び非線形性の扱いについて整理を行った。

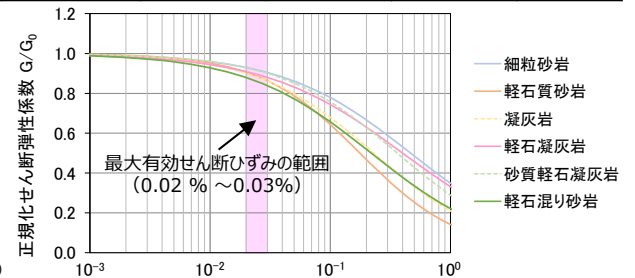
- 地盤モデルの設定においては、地盤の増幅特性を捉えることが主眼となることから、速度構造の特徴（PS検層結果における速度の切り替わり等）に重点をおき、平均化した岩種境界の各区間において、速度及び単位体積重量について平均化を実施している。
- 単位体積重量については、岩種によって値が異なる場合もあるが、地盤の増幅に寄与するパラメータであるせん断弾性係数 G_0 は、S波速度 V_s の二乗と密度 ρ の積で算定される（ $G_0 = \rho \cdot V_s^2$ ）ことを踏まえ、速度に重点を置いた整理を行うこととし、岩種境界の各区間内で平均化している。
- また、「B.岩盤部分の剛性の非線形性」の検討においては、ひずみ依存特性（ G/G_0 - γ 関係）の設定のために、各区間において岩種の設定が必要となることから、岩種の設定にあたっては、各区間内の岩種の重みを踏まえた設定をしている。（図aに、ACの岩種分布の平均化の例を示す。）
- 上記の設定においては、各区間で一つの岩種を設定することとなるため、各区間におけるその他の岩種の影響について、ACグループを対象に、「B.岩盤部分の剛性の非線形性」において整理した岩種ごとの有効せん断ひずみに基づき、各深度において、PS検層データで確認される複数の岩種に対し、剛性低下率を確認した。（表a及び図bに、各岩種の有効せん断ひずみに対する剛性低下率の比較を示す。）
- 上記の確認の結果、 S_s 地震時のひずみレベルにおいては、各岩種の剛性低下率の差は小さいことから、各区間で一つの岩種を設定することに問題はないと判断した。
- 以上のことから、各データの岩種が異なる場合においても、単位体積重量及び岩種分布を平均化して設定することに問題はないと考える。



図a ACグループの岩盤部分の物性値等のデータ整理に用いるデータ

表a 最大有効せん断ひずみ時の剛性低下率 G/G_0
(上段：岩種、下段： G/G_0 ()内は平均化後の岩種に対する割合)

標高 (m)	平均化後の岩種	同レベルにおけるその他の岩種			ひずみレベル
42~24	砂質軽石凝灰岩 0.928	凝灰岩 0.901 (97.1%)	軽石凝灰岩 0.909 (98.0%)	軽石混り砂岩 0.879 (94.7%)	0.02%
24~7	凝灰岩 0.863	軽石凝灰岩 0.880 (102.0%)	砂質軽石凝灰岩 0.901 (104.4%)	—	0.03%
7~-42	軽石凝灰岩 0.880	軽石質砂岩 0.863 (98.1%)	凝灰岩 0.863 (98.1%)	—	0.03%
-42~-70	軽石質砂岩 0.906	砂質軽石凝灰岩 0.928 (102.4%)	細粒砂岩 0.929 (102.5%)	軽石凝灰岩 0.909 (100.3%)	0.02%



図b 各岩種のひずみ依存特性（ G/G_0 - γ 関係）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

【No.4】 A.岩盤部分の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P30）

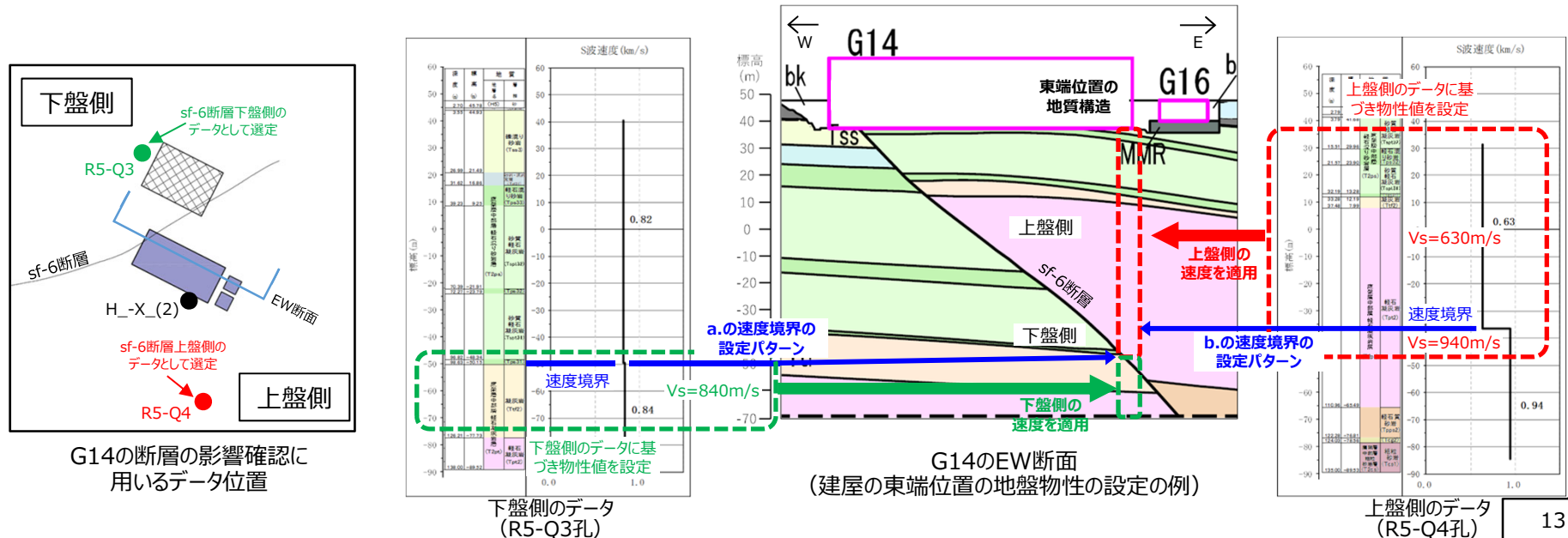
➤ 断層の影響確認における上盤側及び下盤側の条件設定に用いるPS検層結果の適用について、統一的な考え方及び個々の施設において判断した内容の説明を行うこと。

【回答】

➤ 断層の影響確認における上盤側及び下盤側のPS検層結果の適用について、統一的な考え方を整理し、「4.」に反映。また、ACグループにおいて個別に判断した内容を整理した。

■ PS検層結果の適用における統一的な考え方

- PS検層結果の選定においては、断層の上盤側及び下盤側それぞれの地質構造の特徴が捉えられているデータとして、建物設置範囲の各位置（建物の東西南北端）に分布する岩種を網羅するようなデータを選定することを基本とする。
- 建物設置範囲の各位置における地盤物性の設定においては、上記に基づき選定したデータを用い、建物設置範囲の各位置の地質構造に合わせて速度境界レベルの補正を行う。速度境界レベルの補正は以下の観点で行う。（下図には、G14の東端位置における地盤物性の設定について示す。）
 - 選定したデータにおいて、岩種境界レベルと速度境界レベルが同一の場合は、建物設置範囲の各位置においても、同じ岩種の境界レベルに速度境界を設定する。
 - 選定したデータにおいて、特定の岩種内に速度境界が確認される場合は、同じ標高においては同程度の上載圧が作用すると考えられることから、建物設置範囲の各位置における当該岩種内においても、同じ標高に速度境界があることを仮定する。
- 設定した速度構造を用いて、基礎底面レベルの入力地震動を算定し、グループにおいて整理した物性値等（G14の場合は「4.」の整理結果を踏まえ、R5-Q4孔に基づく物性値等及びH_X(2)に基づく物性値等による入力地震動と比較する。
- なお、ACにおける断層の影響確認に用いるPS検層結果の適用においては、一部の岩種が得られていないPS検層結果を選定している。これについては、当該岩種が得られている近傍のPS検層結果の傾向から、当該岩種が速度構造へ与える影響は小さいと判断し、そのPS検層結果を適用することとした。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

【No.5】 B.岩盤部分の剛性の非線形性に係る指摘事項（前回会合資料P36他）

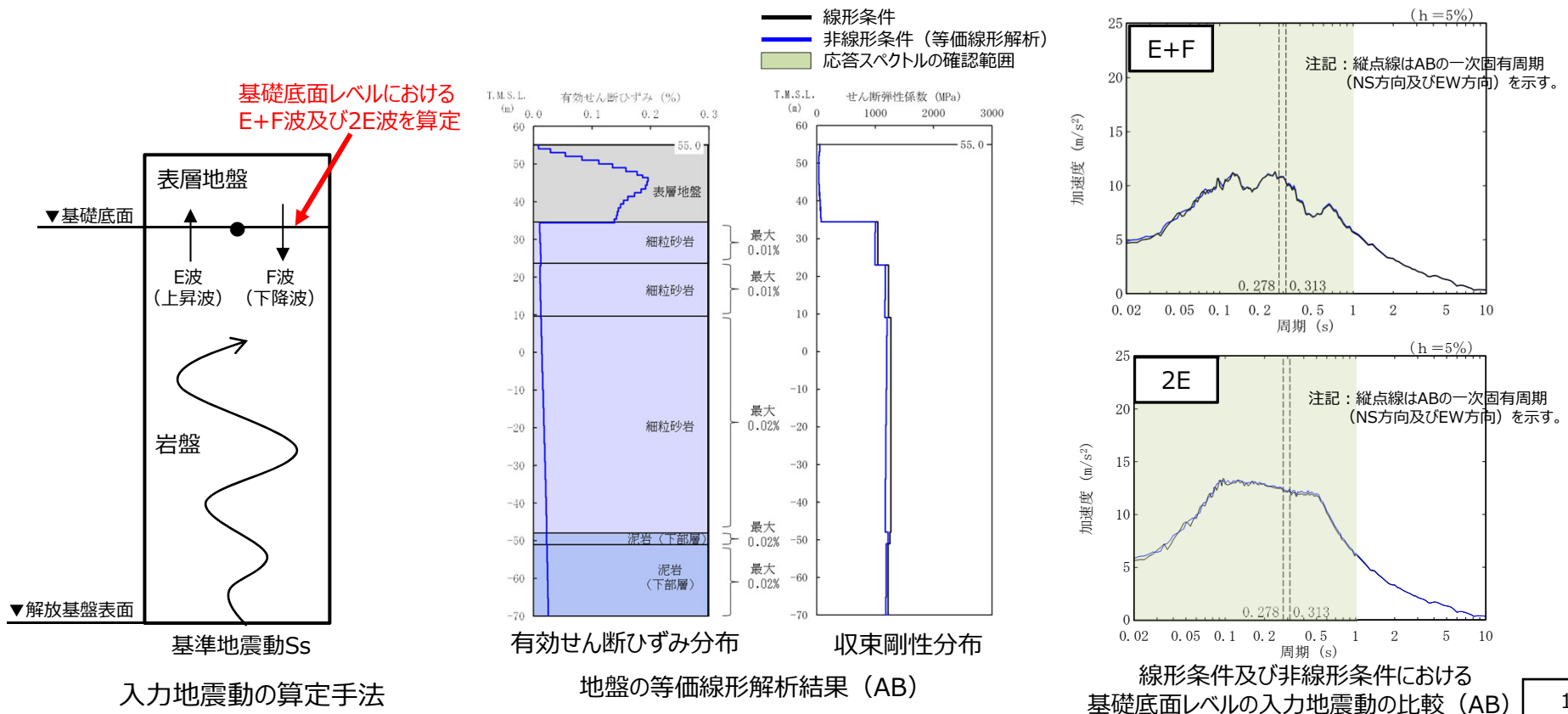
➤ 岩盤部分の剛性の非線形性について、その影響をより正確に確認する観点で、基礎底面位置における2Eの比較を行うこと。

【回答】

➤ 岩盤部分の剛性の非線形性を考慮した条件において、以下に示す手法に基づき、各建物・構築物の基礎底面レベルにおける入力地震動（2E波）を算定し、線形条件における入力地震動（2E波）との比較を行った。

➤ 以下にAA周辺グループにおける結果を示す。その他のグループも含み、「4.1」~「4.12」の各グループにおける「B.岩盤部分の剛性の非線形性」のデータ整理結果に反映。

➤ 岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響を確認した結果、AA周辺グループについては、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による結果から、非線形条件と線形条件の応答スペクトルの大きさは一致することから、岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響はないと判断。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

【No.6】 C.岩盤部分の減衰定数に係る指摘事項（前回会合資料P38他）

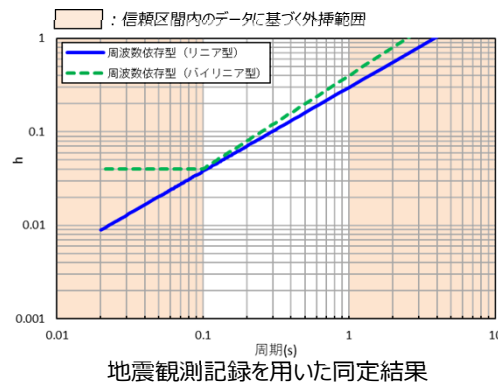
➤ 岩盤部分の減衰定数については、バイリニア型の同定結果を含め、各手法の整理結果について網羅的な分析を行い、丁寧な説明を行うこと。

【回答】

- 「C-3:地震観測記録を用いた同定」にあたっては、地盤の減衰定数の傾向に着目した各種知見において示されているバイリニア型の周波数依存特性を仮定した場合についても同定を行っていることから、その結果を示す。リニア型及びバイリニア型を仮定した減衰定数の同定結果については、地盤の実態を捉えた地下構造の設定の際に参照する。
- 以下にAA周辺グループにおける結果を示す。その他のグループも含み、「4.1」～「4.12」の各グループにおける「C.岩盤部分の減衰定数」のデータ整理結果に反映。

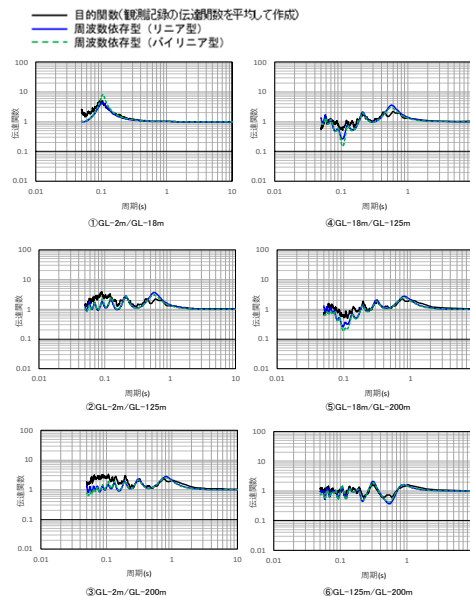
●C-3：地震観測記録を用いた同定（AA周辺グループ）

- AA周辺グループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用いて以下のとおり減衰定数を同定。
- 前回説明した周波数依存型（リニア型）に加え、バイリニア型を仮定した場合の同定及びシミュレーション解析結果を実施している。
- バイリニア型を仮定して同定された減衰定数に基づくシミュレーション解析の結果は、リニア型と同様、外挿範囲も含む全周期帯において、地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

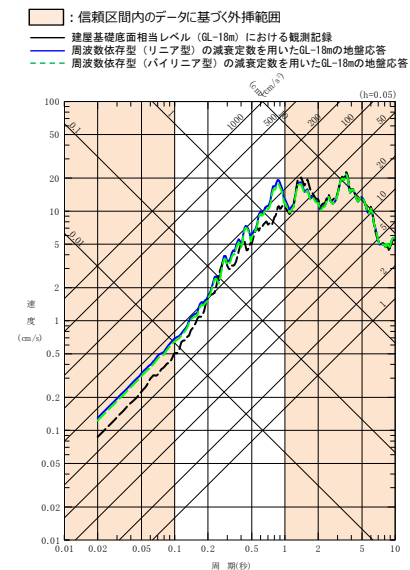


注1：地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2：佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 前回会合の指摘事項に対する回答

【No.7】 D.表層地盤の物性値等に係る指摘事項（前回会合資料P40他）

➤ 表層地盤の物性値等について、埋戻し土を設定することの判断根拠として、平面・断面図を用いた建物・構築物周辺の状況の説明を行うこと。

【回答】

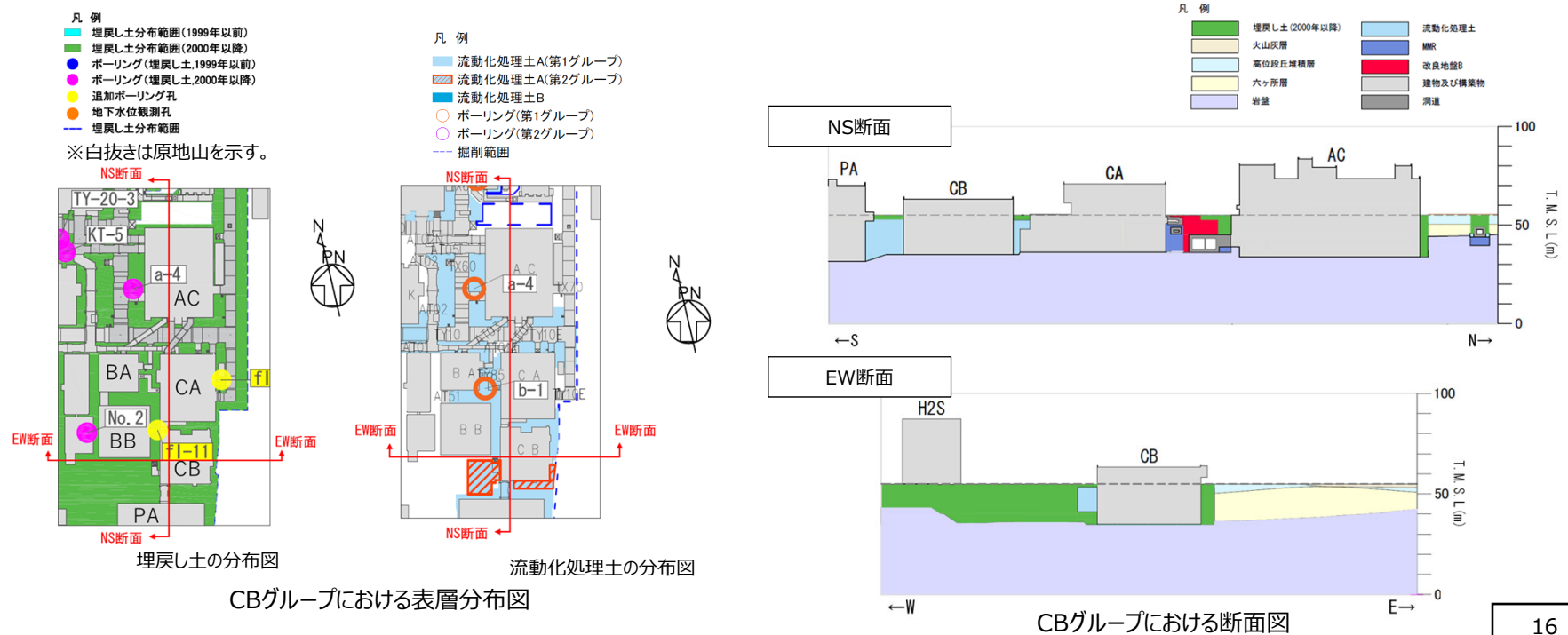
➤ 各グループにおける表層地盤の分布状況について、平面図及び断面図を用いた整理を行った。

➤ 以下にCBグループにおける整理結果を示す。その他のグループも含み、「4.1」～「4.12」の各グループにおける「D.表層地盤の物性値等」のデータ整理結果に反映。

➤ CBグループの周囲は、2000年以降に施工した埋戻し土が分布し、洞道周辺や建屋の南側等において、埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土が分布している。

➤ また、建屋東側は山留掘削となっており、埋戻し土の分布範囲は狭いものの、建屋の3方向が埋戻し土よりも剛性の大きい地盤に囲まれている。

➤ 表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。



2. データの取得及び信頼性の確認

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 用いるデータ

- 今回地盤モデル設定に用いる、敷地の地盤の特徴を捉えるために取得する全データを以下に示す。
- 取得したデータに対しては、その取得方法ごとに、以下の観点で以下の方針で信頼性を確保している。
 - 各因子におけるパラメータの設定にあたって、適切な調査方法やデータの処理方法が選定されていること。
 - 調査データそのものの信頼性を確保するために、適切な機器・装置を用いていること。
 - 調査結果に対する信頼性を確保するために、原子力施設における実績を有する実施者により行われていること。

注：設定するパラメータ及びその検討項目については大文字アルファベットの番号を、上記の設定に用いるデータについては小文字アルファベットの番号を付している。
以降の各説明との対応を上記番号により紐づけて示す。

設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等		B.岩盤部分の 非線形性		C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、 Vs, Vp, ρ)		ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)		減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ , γ)
					材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
				C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を 用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層		
取得 データ	既往	PS検層・密度試験 (a.-①)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	-	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (敷地内3地点) (c.-⑤)	PS検層・密度試験 (d.-①)	
	追加	PS検層・密度試験 (a.-②)	-	-	岩石コア試験 (c.-②)	-	-	S波検層 (各グループ) (c.-⑥)	PS検層・密度試験 (d.-②)	
データの 信頼性		<ul style="list-style-type: none"> ➢ 規格類に適合する調査方法の採用 ➢ 波形の読み取り精度の向上のための工夫 ➢ 校正された装置の使用 ➢ 常時微動による影響の確認 ➢ 原子力施設における調査実績を多数有する調査会社が実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 規格類に適合する調査方法の採用 ➢ 調査誤差が低減可能な装置の使用 ➢ 原子力施設における多数の実績を有する調査会社が実施 	➢ 同左	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 解析手法の特性を踏まえた評価方法の適正化 ➢ 原子力施設における調査実績を多数有する調査会社が実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 地震観測装置の設置時の施工管理、継続的な保守管理、校正がされている装置の使用 ➢ 観測記録に対する適切な補正 ➢ 常時微動 (c.-④) による影響の確認 ➢ 検討に用いる地震数の充分性の確認 	➢ 同左	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 規格類に適合する調査方法の採用 ➢ 校正された装置の使用 ➢ 検討の目的に照らしたデータを精度よく把握できる条件設定。 ➢ 常時微動、近接建屋、表層地盤等の影響の確認 ➢ 原子力施設における調査実績を多数有する調査会社が実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 規格類に適合する調査方法の採用 ➢ 波形の読み取り精度の向上のための工夫 ➢ 原子力施設における調査実績を多数有する調査会社が実施 	

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 岩盤部分のPS検層・密度試験（a.-①,a.-②）

● データの信頼性の確保

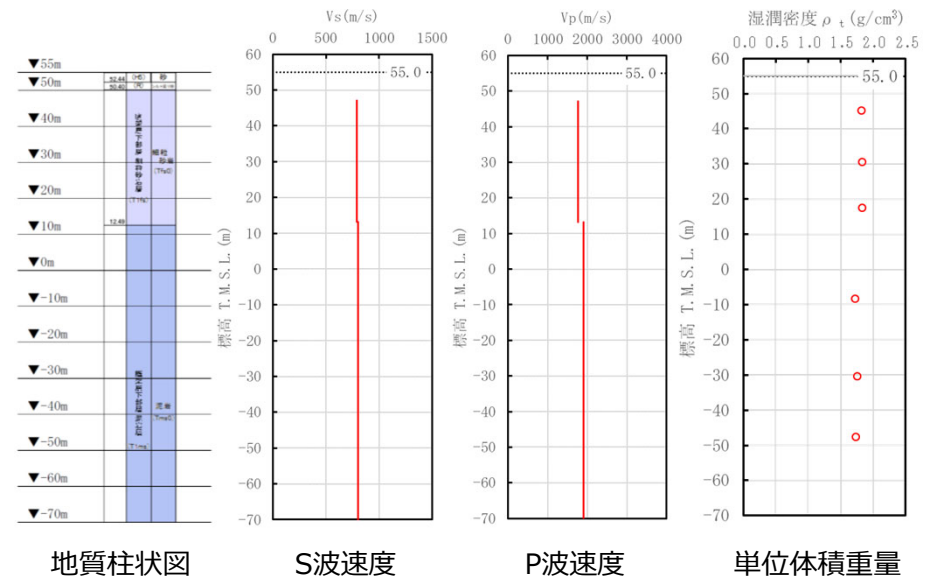
- PS検層方法としては「JGS-1122 地盤の弾性波速度検層方法」に適合する方法を用いて、S波速度、P波速度及び層厚のデータを取得。
→観測直後に記録した波形が特異なものでないこと及び信号の到達時間が妥当であることを現場にて確認。
- 速度構造の解析時に、初動走時を正確に把握するために、記録波形を位相反転した波形に対しても確認を実施し、読み取り精度の向上を図る。
- 調査データそのものの信頼性を確保するために、PS検層に用いた受信機は、校正されたものを用いている。また、起振波の振幅レベルに対して、常時微動による影響がないことを確認している。
- 密度試験については、「JGS 2134-2020 岩石の密度試験方法」に適合する方法を用いて、単位体積重量データを取得。
- 調査結果に対する信頼性を確保するために、PS検層の作業及びデータの読み取り・分析、単位体積重量の測定については、原子力施設における多数の実績を有する調査会社によって実施する。

● 取得したデータ

- 【a.-①】：各建物・構築物直下又は近傍で実施されている既往のPS検層データ（● + ●）計34孔における速度構造（S波速度、P波速度、各速度層の層厚）、密度試験による単位体積重量及び当該孔における地質柱状図を整理した。
- 【a.-②】：「C.岩盤部分の減衰定数」にて実施する各グループにおけるS波検層の追加調査孔においてPS検層データ（●）計12孔を追加取得し、速度構造（S波速度、P波速度、各速度層の層厚）、密度試験による単位体積重量及び当該孔における地質柱状図を整理した。

PS検層データを取得した孔名一覧

区分	記号	PS検層孔
既往データ (a.-①)	●	N3_-U, N3-E5_, N3_-E5_, L-U_, M-S, L-T, M-T, M-5, D-T, D-6, D-5, D-4, D-3, O-E5, N6-V, N6_-4, N6_-E2, E-4, J_-5_, J-T, K-T
	●	D-E5_, M-V, N_-U, N3_-6, L-4, K_-V, K_-3, N6_-X, E_-W_, E_-E2_, H_-X_(2), J_-T_, C_-U
追加データ (a.-②)	●	R5-Q1, R5-Q2, R5-Q3, R5-Q4, R5-Q5, R5-Q6, R5-Q7, R5-Q8, R5-Q9, R5-Q10, R5-Q11, R5-Q12



PS検層から得られたデータ（R5-Q6孔の例）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 三軸圧縮試験（b.-①, c.-①）

● データの信頼性の確保

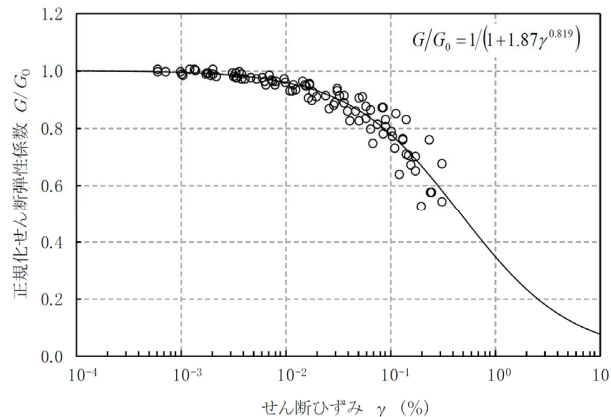
- 動的変形特性試験は、JGS2563-2020「軟岩の変形特性を求めるための繰返し三軸試験方法」に基づく方法により実施する。
- 調査データそのものの信頼性を確保するために、ベディングエラーの排除できる機材（ギャップセンサー、LDT(Local Deformation Tranceduser)を使用する。
- 地盤の剛性に係るデータを正確に把握するために、試験機材自体についても十分な剛性を有するものを使用する。
- 試験体のひずみに応じた特性を正確に把握するために、弾性範囲内に初期偏差応力を設定する。
- 調査結果に対する信頼性を確保するために、試験及び試験データの分析については、原子力施設における多数の実績を有する調査会社によって実施する。

● 取得したデータ

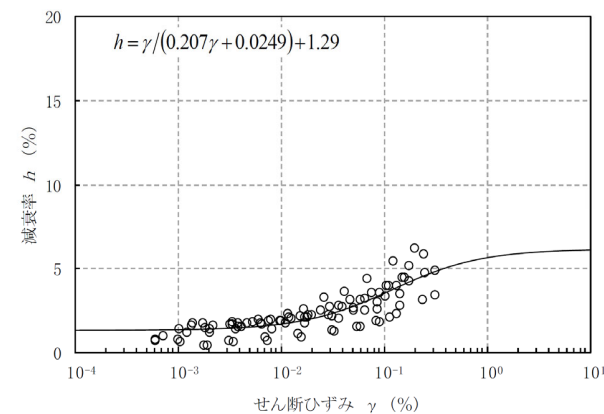
【b.-①】：敷地に分布する岩盤である鷹架層を構成する岩盤種別ごとに実施した繰返し三軸圧縮試験データに基づき、剛性低下率のひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ ）を整理。

【c.-①】：敷地に分布する岩盤である鷹架層を構成する岩盤種別ごとに実施した繰返し三軸圧縮試験データに基づき、減衰定数のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）を整理。

三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性を設定している岩盤種別一覧
泥岩（上部層）
泥岩（下部層）
細粒砂岩
軽石質砂岩
粗粒砂岩
砂岩・凝灰岩互層
凝灰岩
軽石凝灰岩
砂質軽石凝灰岩
礫混り砂岩
軽石混り砂岩
礫岩



剛性低下率のひずみ依存特性（ $G/G_0-\gamma$ ）



減衰定数のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）

三軸圧縮試験データから得られたひずみ依存特性（細粒砂岩の例）

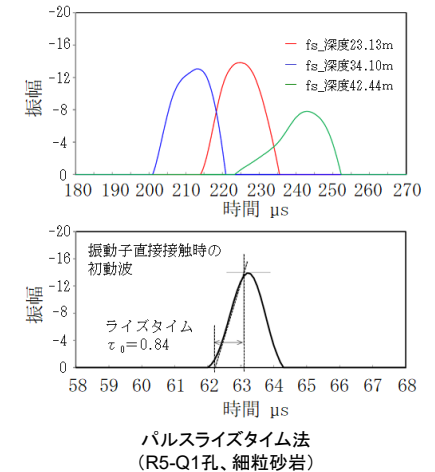
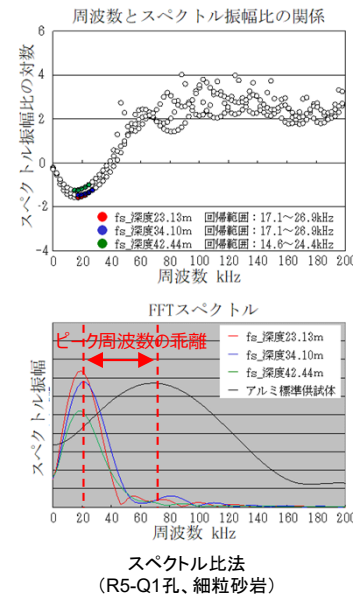
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 岩石コア試験 (c.-②)

● データの信頼性の確保

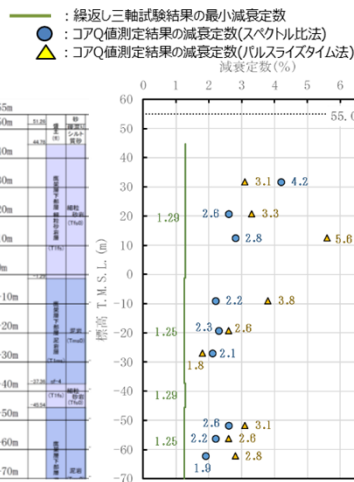
- ▶ 岩石コア試験の超音波測定は、「JGS 2564-2020 岩石の弾性波速度計測方法」に準じて実施されており、測定作業及びデータの読み取り・分析については、原子力施設における多数の実績を有する調査会社によって実施する。
- ▶ スペクトル比法については、減衰定数の算定には振幅スペクトル比の対数と透過波の周波数の関係における勾配 (Q値) を用いるが、試験に用いるリファレンス (アルミ供試体) と岩石コアの透過波のピークに乖離が見られ、透過波形の高次成分の影響が含まれる可能性がある。
- ▶ パルスライズタイム法についても、同じ透過波形データを用いて減衰定数を算定しているため、上記と同様の透過波形データの高次成分の影響は考えられるものの、スペクトル比法よりこれらの影響は小さく、信頼性が高い。
- ▶ 以上を踏まえ、スペクトル比法による減衰定数は参考値とし、パルスライズタイム法による減衰定数に基づくデータを用いる。



● 取得したデータ

【c.-②】：各地点における岩石コア試験結果により、岩種ごとに減衰定数を算定。

同一岩種内における試験結果については、各地点・深さ間でばらつきを有するが、特定の地点において大きく減衰が異なる傾向は示さず、明瞭な深さ依存も見られないことから、岩種ごとにデータを整理可能と判断。



各孔における岩石コア試験結果 (R5-Q1孔の例)

同一岩種における地点ごとの試験結果一覧表 (細粒砂岩の例)

岩盤分類(層序)	調査位置	パルスライズタイム法	平均	
細粒砂岩	fs	R5-Q1	4.0	3.7
		R5-Q2	4.4	
		R5-Q2*	2.0	
		R5-Q6	3.0	
		R5-Q9	4.1	
		R5-Q9	4.1	
		R5-Q10	3.6	
		R5-Q10	4.5	
		R5-Q11	3.5	

*：他データと比較してばらつきの大きい値が得られているが、同じR5-Q2孔において4.4%の値を示すデータも得られていることから、本調査位置の細粒砂岩において特異に小さい減衰定数を示す傾向には無いと判断。

岩石コアによる岩種 (層序) ごとの試験結果一覧表

地盤範囲	地質区分		岩盤分類(層序)	岩石コア試験結果による減衰定数(%)
西側地盤	鷹架層上部層	泥岩層	泥岩	1.7
			砂岩・凝灰岩互層	1.1
東側地盤	鷹架層中部層	軽石混り砂岩	礫混り砂岩	3.9
			砂岩・泥互層	4.0
			軽石混り砂岩	3.3
			砂質軽石凝灰岩	3.3
中央地盤	鷹架層下部層	軽石凝灰岩層	凝灰岩	1.8
			軽石凝灰岩	3.4
		細粒砂岩層	軽石質砂岩	3.2
			細粒砂岩	3.7
	泥岩層	泥岩	2.7	

注：パルスライズタイム法による各地点の結果を平均化した値を示す。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

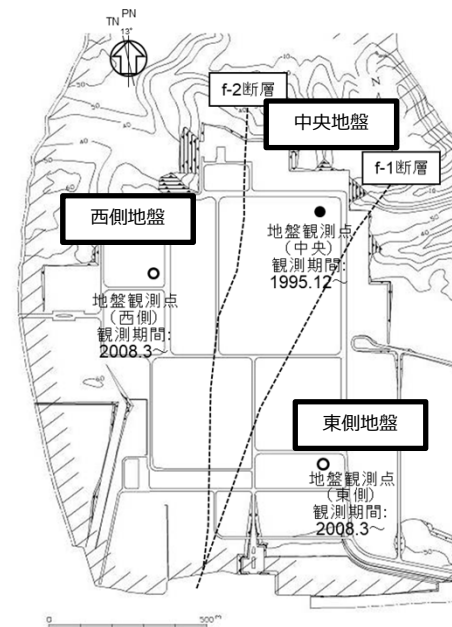
■ 地震観測記録（c.-③）

● データの信頼性の確保

- 観測データそのものの信頼性を確保するため、地震観測装置は、装置設置時点における実際の方位とセンサの方位のずれの確認がなされたものを用いる。また、定期的な保守管理及びリブレースが行われ、定時校正により異常が確認されていない装置を用いる。
- 地盤の振動を把握する上で、正確な方位に基づくデータを用いるために、地震観測記録の処理・分析にあたっては、上記のセンサ設置時点における方位ずれに対して適切な補正を行う。
- 地盤の振動を把握する上で精度の高いデータとなっていることを確認するために、常時微動の観測記録により、特異な傾向が無いことを確認する（次頁参照）
- 検討に用いる地震については、各地震観測地点ごとに、地中の各深さの伝達関数を捉える上で十分な数の地震が選定されていることを、地震の数を増やした場合の伝達関数との比較により確認する。

● 取得したデータ

【c.-③】：地震観測記録は、敷地内の地震観測地点（中央地盤観測点、西側地盤観測点、東側地盤観測点）で得られている地震観測記録のうち、最大加速度の大きい地震を選定。

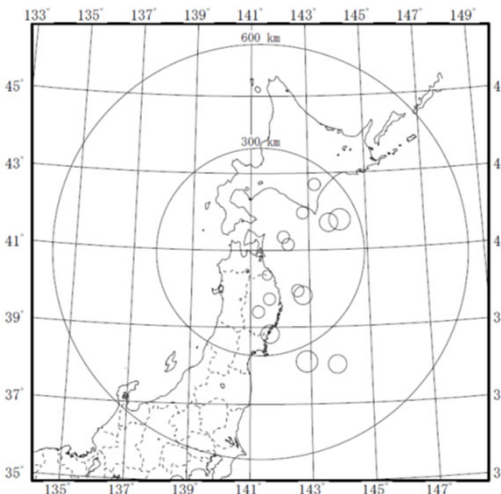


敷地における地震観測位置

No.	年	月	日	時	分	震源地名	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	6.4	121.5	174	212	10.10	11.60	6.10
2	2002	10	14	23	12	E OFF AOMORI PREF	6.1	52.71	83	98	12.20	10.60	8.86
3	2003	5	26	18	24	NORTHERN MIYAGI PREF	7.1	72.03	239	250	12.50	12.40	10.50
4	2003	9	26	4	50	SE OFF TOKACHI	8.0	45.07	247	251	18.60	20.20	13.00
5	2003	9	26	6	8	SE OFF ERIMOMISAKI	7.1	21.41	215	216	21.30	17.00	13.20
6	2008	7	24	0	26	NORTHERN IWATE PREF	6.8	108.08	139	176	39.10	33.90	23.44
7	2011	3	11	14	46	FAR E OFF MIYAGI PREF	9.0	23.74	344	345	28.99	21.46	17.77
8	2011	3	11	15	8	E OFF IWATE PREF	7.4	32.02	176	179	17.93	18.83	11.97
9	2011	6	23	6	50	E OFF IWATE PREF	6.9	36.4	155	159	23.85	14.72	9.22
10	2012	5	24	0	2	E OFF AOMORI PREF	6.1	60	79	99	37.98	24.62	16.13
11	2012	12	7	17	18	OFF SANRIKU	7.3	49	393	396	11.17	11.14	10.32
12	2013	2	2	23	17	SOUTHERN TOKACHI REGION	6.5	102	249	269	10.48	12.00	5.61
13	2015	7	10	3	32	NORTHERN INLAND OF IWATE PREF	5.7	88	70	112	12.41	10.50	5.81
14	2016	1	14	12	25	OFF URAKAWA	6.7	52	166	174	12.07	13.32	8.62

中央地盤における地震観測記録諸元

地震観測記録による減衰定数の同定に用いた地震（中央地盤の14地震）



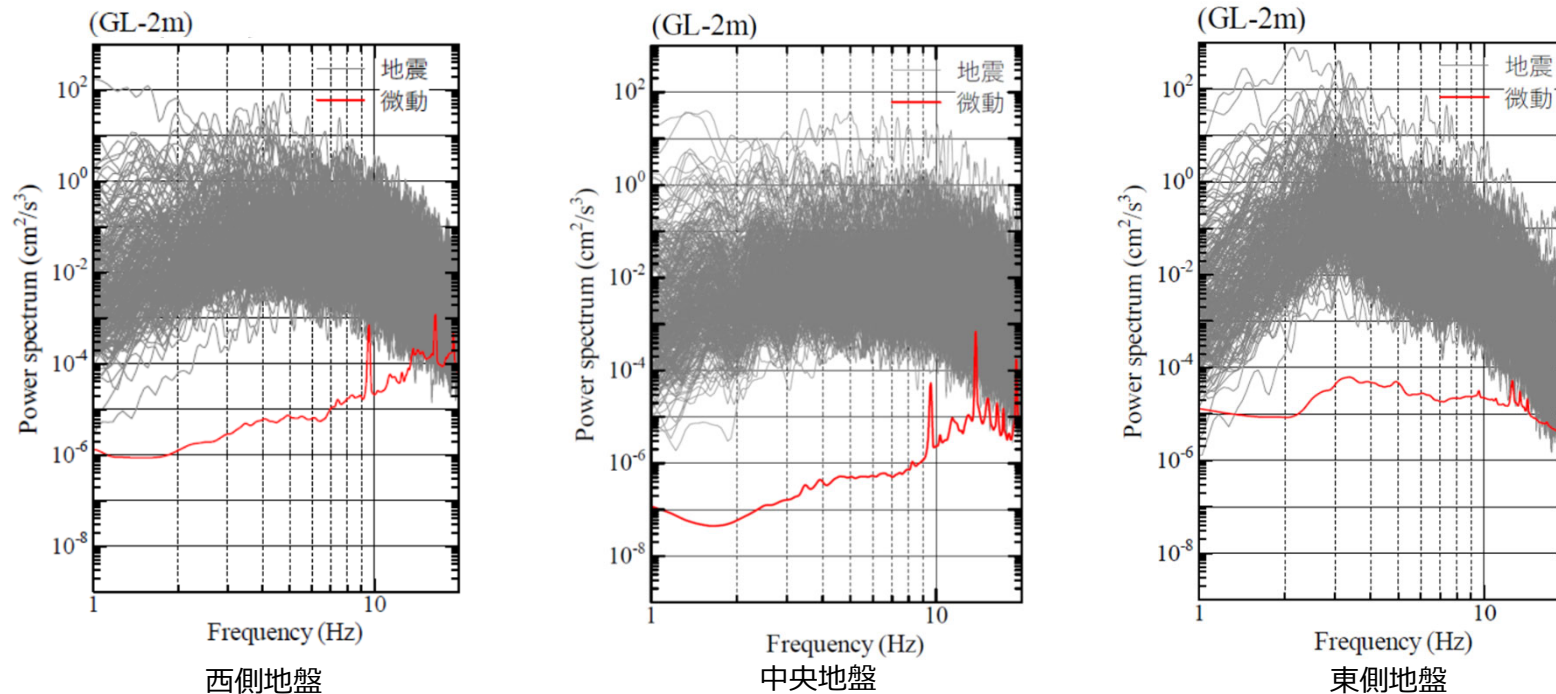
震央分布図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 常時微動観測記録（c.-④）

- 前頁に示した地震観測記録を用いた検討を実施する上では、常時微動観測記録を確認することにより、得られている地震観測記録が、地盤の振動を把握する上で精度の高いデータとなっていることを確認している。
- 常時微動観測は、前頁に示した地震観測位置における地震観測装置により、2023年8月27日～2023年9月2日までの7日間、各地震観測深さにおけるデータを取得した。
- 常時微動観測記録は、地震波干渉法に用いるGL-2m及びGL-125mのいずれの深さにおいても、その大きさは検討に用いる地震（図では、地震波干渉法に用いた350地震と比較）に対して十分に小さい。
- このことから、前頁にて選定した地震の地震観測記録は、常時微動による影響は無いことを確認している。



各地震観測位置における微動観測記録のパワースペクトル（地表面の例）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ S波検層（c.-⑤、c.-⑥）

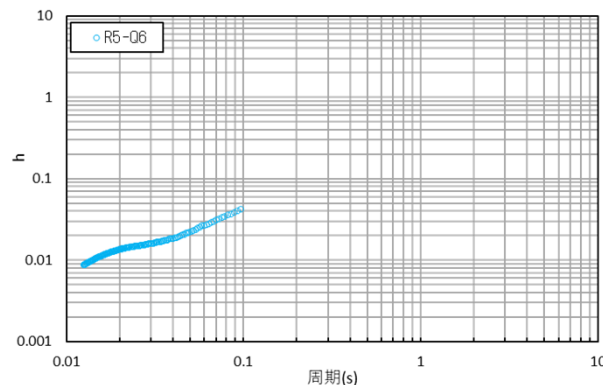
● データの信頼性

- S波検層方法としては「JGS-1122 地盤の弾性波速度検層方法」に適合する方法を用いる。
→観測直後に記録した波形が特異なものでないこと及び信号の到達時間が妥当であることを現場にて確認する。
- 調査データそのものの信頼性を確保するために、S波検層に用いた受信機は、校正されたものを用いる。
- 各種分析を行う上でのデータの信頼性は、以下の内容により確保する。
 - ・追加調査では、岩盤部分の減衰定数を正確に把握するために、起振波の振幅レベルに対して、常時微動による影響がないことを確認する。
 - ・追加調査では、近接建屋や表層地盤の影響を加味した波形処理を実施し、岩盤部分の減衰定数としての精度を確保する。
 - ・既往調査においては板叩き法により、追加調査においては、減衰定数に見られる周波数特性を把握する上での精度を確保するために、振動数を変動させたスイープ震源を用いる。
 - ・追加調査では、速度構造の解析時に初動走時を正確に把握するために、記録波形を位相反転した波形に対しても確認を実施し、読み取り精度の向上を図る。
- 調査結果に対する信頼性を確保するために、S波検層の作業及びデータの読み取り・分析については、原子力施設における多数の実績を有する調査会社によって実施する。

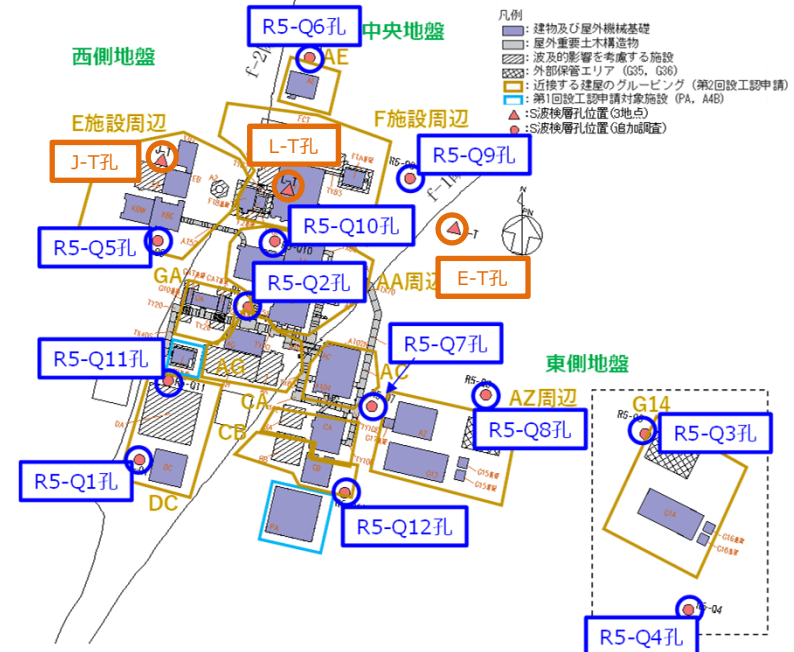
● 取得したデータ

【c.-⑤】：既往調査により取得しているS波検層データの減衰定数について整理。

【c.-⑥】：追加調査により取得したS波検層データの減衰定数を調査孔ごとに整理。



追加調査によるS波検層結果（R5-Q6の例）



追加調査地点の一覧

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ S波検層（c.-⑤、c.-⑥）

● 既往データ及び追加データの信頼性に係る比較

【c.-⑥：追加データ（2023年実施）】

- 起震源は加振装置による変調波形であり、各周波数帯で十分なエネルギーを有し、変調周波数帯の安定した振幅の変動が計測されていることを確認している。
- 8連の受振器を計測ごとにキャリブレーションした同時観測であるほか、加振波形も各加振で同一の変調波形を用いていることから、全ての深さにおける観測波形を統一的(コリレーション処理によりインパルス波形に変換)に扱うことが可能である。
- 一連の作業(加振、受振、コリレーション処理、解析)は全て自動化されており、計測者による個人差はほとんど発生しない。

【c.-⑤：既往データ（1988年実施）】

- 板叩き法(重錘による横からの打撃)により発生する波形が一定ではない。
- また、既往調査時は、1個の受振器を設定観測間隔（1 m又は2 m）で引き上げながら実施していたため、モニター波形が毎回異なり、各深さの観測波形を統一的に扱うことができない。
- 波形は地盤の透過波により最大振幅の主要周波数が決まる。起震パワーが小さい場合、軟岩地盤では高周波数帯では十分な振幅のデータが得られていない可能性がある。
- 既往調査時は、記録媒体にアナログ収録した波形データをAD変換によりデジタルデータ化しているが、このアナログ→デジタル→数値解析の過程で、特に振幅が小さくなる高周波数帯においてはデータにノイズ成分が含まれる可能性がある。

➤ 以上の手法の違いを踏まえると既往データは、追加データにおいて使用しているような多様な周期成分を有するスイープ波形よりも、加振波のピーク周期が限定的であり、信頼区間も狭くなっていると考えられることから、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認し、既往データの信頼性についての深掘り検討を行った。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

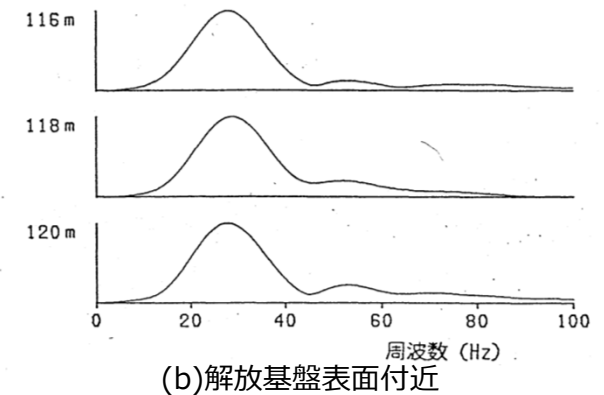
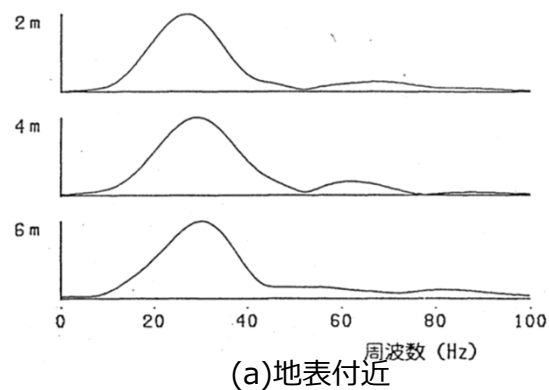
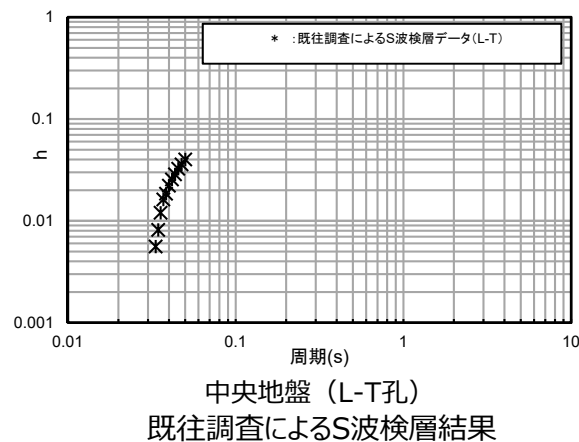
2. データの取得及び信頼性の確認

■ S波検層（c.-⑤、c.-⑥）

● 既往データの信頼性に係る検討

【中央地盤】

- 加振波に近い傾向を示していると考えられる地表付近における観測波のフーリエスペクトルは、約30Hz（=0.03秒）付近のみの狭い領域にピークを有している。ただし、この傾向を有した波形が、解放基盤表面まで形状を維持したまま伝播していることから、当該ピークに該当する減衰定数としては、信頼性が高い値が得られていると考えられる。
- ただし、当該ピークよりも長周期側及び短周期側においては振幅が小さくなっていることから、S波検層データにおける周波数特性の傾きまでは、信頼性の高いデータとして得られていない可能性がある。
- 以上を踏まえると、多様な周期成分を有するスイープ波形によるデータを取得している追加データと、上記のとおり加振波の特性や信頼区間の異なる既往データを同一の取り扱いとすることは適切ではない可能性があることから、本検討においては、より広い信頼区間を有すると考えられる追加データを用いることとする。



中央地盤（L-T孔）
既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

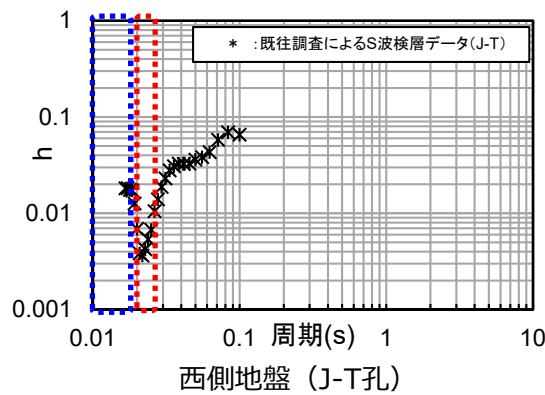
2. データの取得及び信頼性の確認

■ S波検層（c.-⑤、c.-⑥）

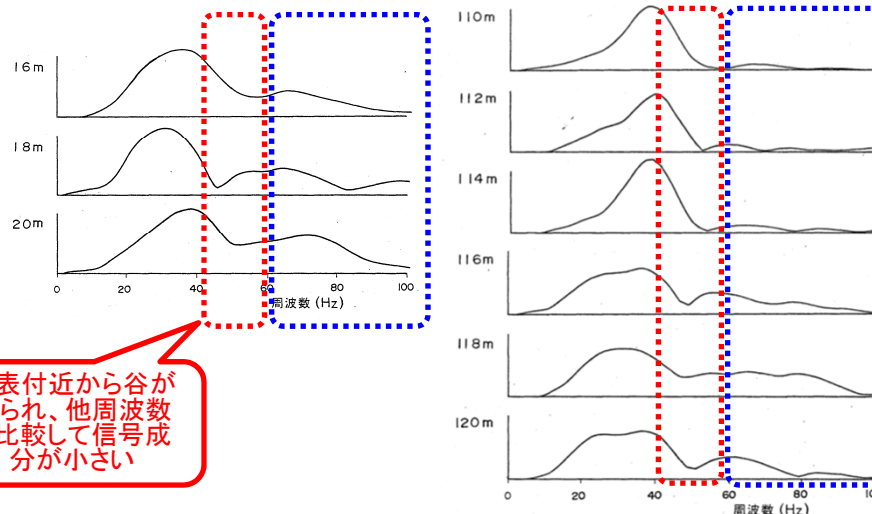
● 既往データの信頼性に係る検討

【西側地盤】

- 中央地盤と同様に、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認した。
- 加振波に近い傾向を示していると考えられる地表に最も近い観測深さ（深さ16m）における観測波のフーリエスペクトルは、約50Hz（＝周期0.02秒）付近に谷が見られ、信号成分が他周期と比較して小さい。また、この谷よりも高周波数側のピークの形状は、深さに応じてその形状が大きく変動していることから、S波検層データの高周波数側（＝短周期側）における信頼性は低いと考えられる。
- 既往のS波検層データにおいて、周期0.03秒付近で急激に減衰定数の値が低下し、0.02秒付近で再度急上昇する傾向は、上記に起因するものであると考えられる。
- 上記を踏まえると、西側地盤における既往データについては、波形のピークの形状が概ね一様の形状を維持しており、S波検層データにおいても谷が現れていない、周期0.03秒よりも長周期側においては、信頼性を有するデータとして扱うことに問題は無いと考えられる。
- ただし、上述のとおり多様な周期成分を有するスイープ波形によるデータを取得している追加データと、上記のとおり加振波の特性や信頼区間の異なる既往データを同一の取り扱いとすることは適切ではない可能性があることから、本検討においては、より広い信頼区間を有すると考えられる追加データを用いることとする。



既往調査によるS波検層結果



地表付近から谷が見られ、他周波数と比較して信号成分が小さい

高周波数側ピークの形状が解放基盤表面付近まで含め、深さごとに一定していない

(a)地表付近

(b)解放基盤表面付近

西側地盤（J-T孔）

既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

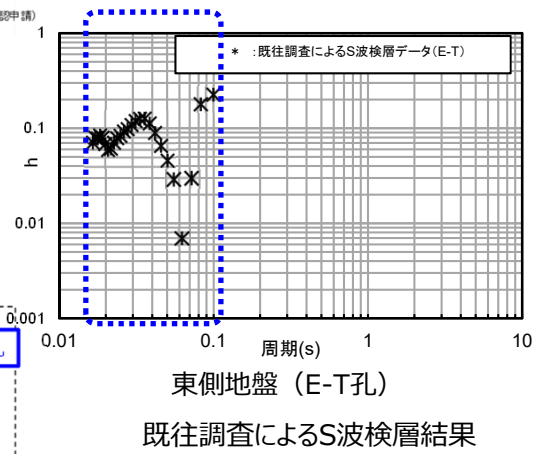
2. データの取得及び信頼性の確認

■ S波検層（c.-⑤、c.-⑥）

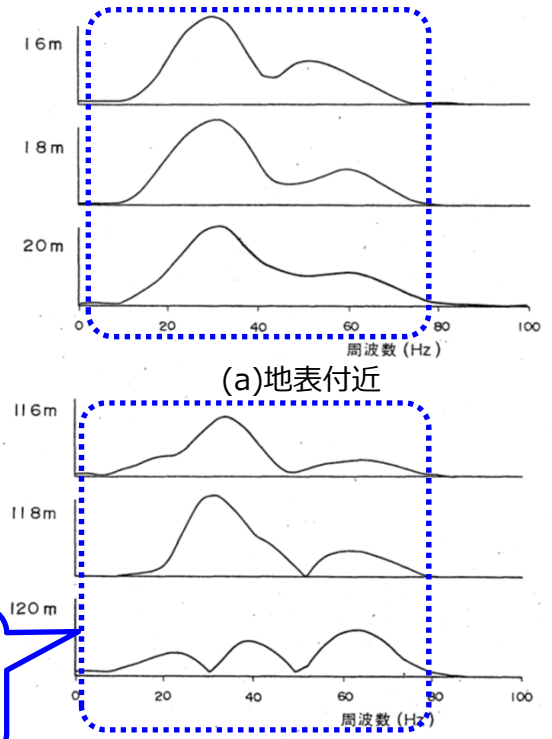
● 既往データの信頼性に係る検討

【東側地盤】

- 東側地盤における既往データは、設定したグループから離れたE-T孔において得られていることから、今回検討においては用いないこととする。
- なお、参考に、中央地盤並びに西側地盤と同様に、既往データ取得時の各深さにおいて取得された振動のフーリエスペクトルを確認した結果、地表付近の取得波形に対し解放基盤表面付近の観測波形のピーク形状が大きく異なる傾向が見られることから、S波検層データに見られる大きな山谷は、これに起因したものであると考えられる。



高周波数側ピークの形状が解放基盤表面付近まで含め、深さごとに一定していない



既往S波検層における観測波のフーリエスペクトル

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 表層地盤のPS検層・密度試験（d.-①,d.-②）

● データの信頼性の確保

- PS検層方法としては「JGS-1122 地盤の弾性波速度検層方法」に適合する方法を用いる。
→観測直後に記録した波形が特異なものでないことを現場にて確認。地下水位観測孔を対象とした2孔についても、観測井処理（硬質ポリ塩化ビニル管設置）に伴う異常がないことを確認。
- 速度構造の解析時に、初動走時を正確に把握するために、記録波形を位相反転した波形に対しても確認を実施し、読み取り精度の向上を図る。
- 密度試験については、「JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法」に適合する方法を用いる。
- 調査結果に対する信頼性を確保するために、PS検層の作業及びデータの読み取り・分析、密度の測定については、原子力施設における多数の実績を有する調査会社によって実施する。

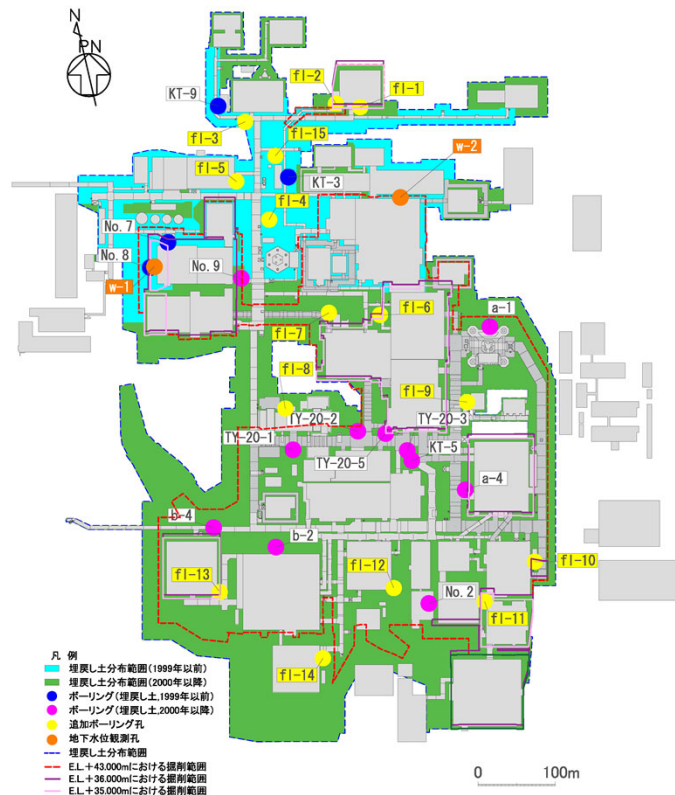
● 取得したデータ（埋戻し土）

【d.-①】：既往のPS検層データ（●+●）計15孔における速度構造（S波速度，P波速度）、密度試験による密度及び当該孔における地質柱状図を整理した。

【d.-②】：「d.表層地盤の物性値等」にて実施する追加調査孔（●15孔）に地下水位観測孔（●2孔）を加えてPS検層データ計17孔を追加取得し、速度構造S波速度，P波速度）、密度試験による密度及び当該孔における地質柱状図を整理した（地下水位観測孔2孔は速度のみ）。

PS検層データを取得した孔名一覧（埋戻し土）

区分	記号	PS検層孔
既往データ (d.-①)	●	KT-3, KT-9, No.7, No.8
	●	KT-5, No.2, No.9, a-1, a-4, b-2, b-4, TY-20-1, TY-20-2, TY-20-3, TY-20-5
追加データ (d.-②)	●	fl-1, fl-2, fl-3, fl-4, fl-5, fl-6, fl-7, fl-8, fl-9, fl-10, fl-11, fl-12, fl-13, fl-14, fl-15
	●	w-1, w-2



PS検層データ取得位置図（埋戻し土）

孔名	fl-1			
	地質	Vp m/s	Vs m/s	ρ_t Mg/m ³
孔口標高(m)	54.96			
深度(m)				
1	埋戻し土（フレンド材：2000年以降）	300	160	-
2				-
3				-
4				-
5				1.938
6				-
7				1.920
8				-
9				1.971
10				-
11				1.893
12				-
13				1.914
14				-
15				1.967
16	-			
17	1.861			
18	-			
19	1.929			
20	710	360	-	
21			1.914	
22			-	
23			1.992	
23.22				

PS検層から得られたデータ（埋戻し土 fl-1孔の例）

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 表層地盤のPS検層データ (d.-①,d.-②)

● 埋戻し土の施工年代別に整理した動せん断弾性係数 G_0

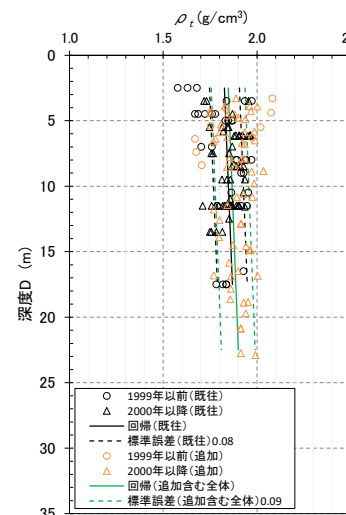
➤ ρ_t については、図aに示すとおり、既往のボーリング孔による平均回帰よりも全ボーリングでの平均回帰の方が若干高い値を示すが、標準誤差 $\pm\sigma$ の範囲は、両年代とも同程度のばらつきを示している。

➤ G_0 分布については、図bに示すとおり、深度依存を示す。また、全ボーリングの標準誤差 $\pm\sigma$ は既往ボーリングの標準誤差 $\pm\sigma$ の範囲(標準誤差減少 (47.6MPa→41.4MPa))に収まっており、既往ボーリングから全ボーリングの統計量(平均、標準誤差)が推定可能であることから同一母集団と判断できるような結果を示している。

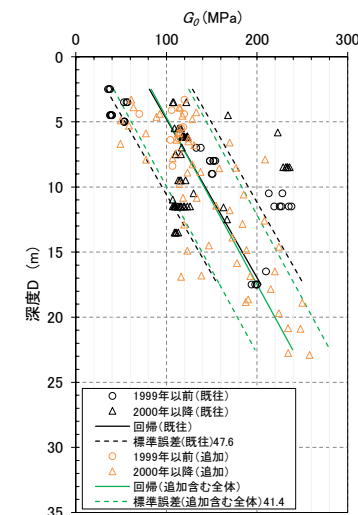
➤ 施工年代毎の V_s 分布について、前回会合より1999年以降に施工した領域における深部までを対象とした地下水位観測孔2孔のPS検層結果(速度のみ)を追加した。図cに示すとおり、寒色系で示す1999年以降の V_s 分布と暖色系で示す2000年以降の V_s 分布は、施工年代にかかわらず0.1km/s程度から0.35km/sの速度範囲で分布し、離散化 V_s の平均値(○印)は深度依存の傾向を示している。

➤ 図dに示す1999年以前と2000年以降の V_s 分布(図c)と ρ_t 回帰(図a)による離散化した G_0 の分布は、各施工時期いずれも深度依存を示すとともに、既往ボーリング孔での標準誤差 $\pm\sigma$ 程度のばらつきとなっている。

➤ 以上より、 G_0 分布の回帰は施工年代でデータを分けると若干異なる結果を示すものの差は僅かであり、土質材料として同一の母集団と判断できる。よって、埋戻し土の動せん断弾性係数 G_0 については、統一した物性値として既往データに追加データを合わせた ρ_t 及び V_s のデータセットから得られた深度依存回帰の平均(図b)を用いる。

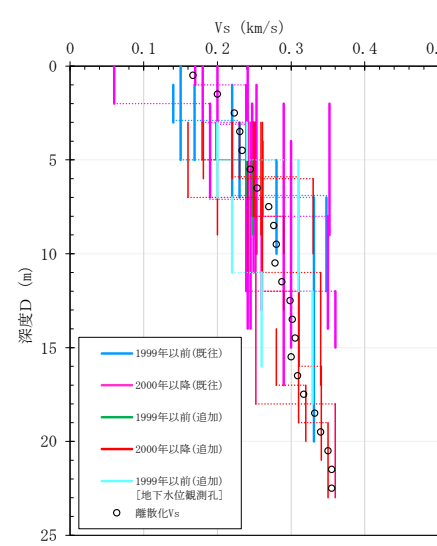


図a 湿潤密度 ρ_t 分布図

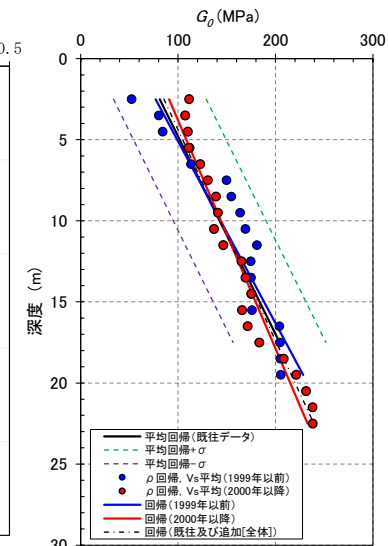


図b 動せん断弾性係数 G_0 分布図

※図a及び図bについては、前頁における●+●+●のデータに基づく整理



図c ボーリング孔の V_s 分布図



図d V_s と ρ_t 回帰による G_0 分布図

※図c及び図dについては、前頁における●+●+●のデータに基づく整理

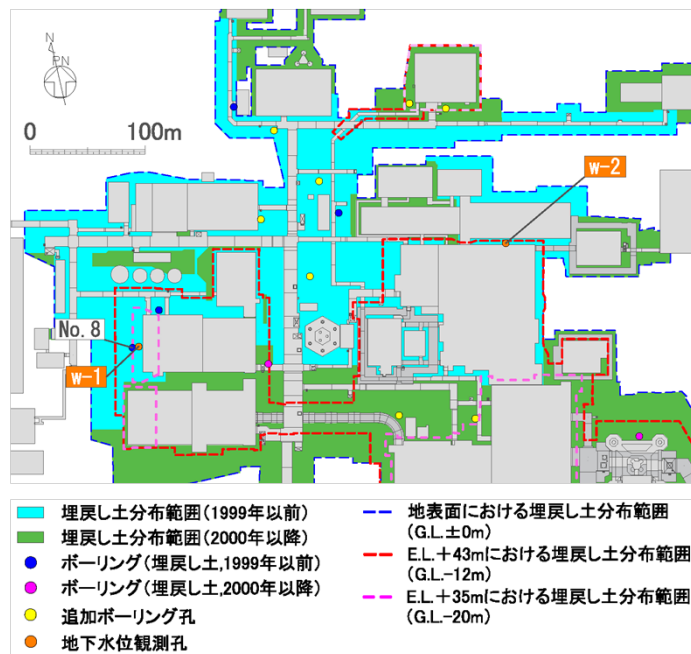
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

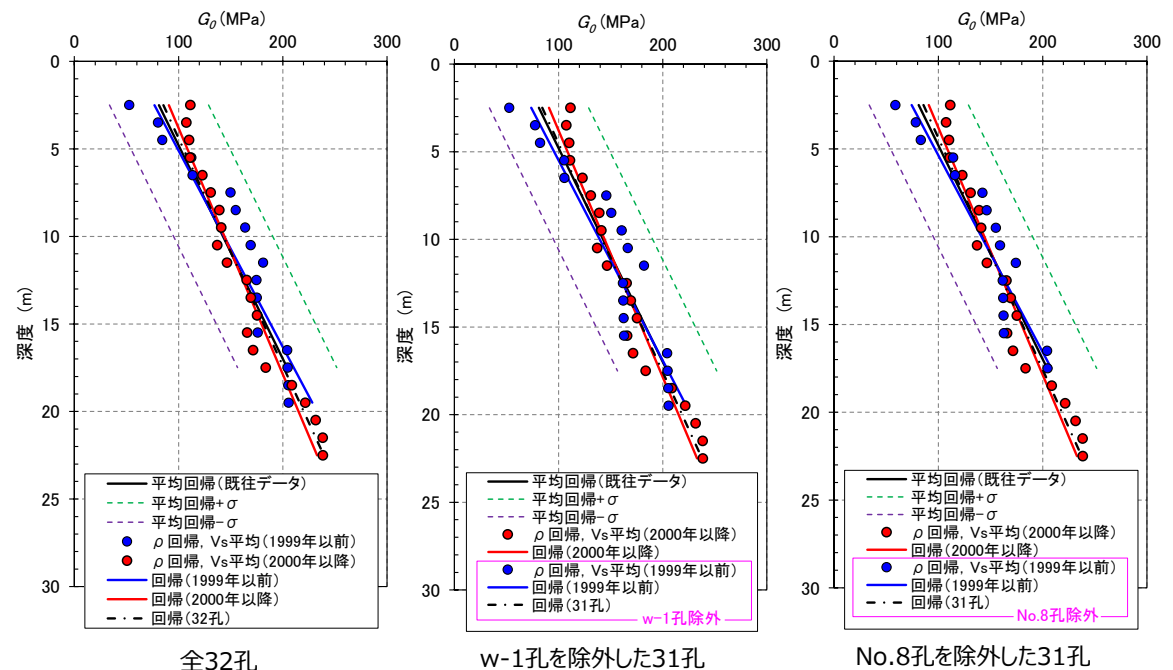
■ 表層地盤のPS検層データ（d.-①,d.-②）

● 取得位置が近接しているデータの扱いに係る整理

- 今回追加した地下水位観測孔2孔のうち1孔（w-1孔）が既往調査におけるNo.8孔と近傍（左下図の南西部、6m程度の離隔）にあることから、これら近傍の2孔のデータによる重みが全体の整理結果に影響を与えないことを確認した。
- 施工年代別のVs平均から求められる G_0 分布について、全32孔としたもの、w-1孔を除外した31孔としたもの及びNo.8を除外した31孔としたものの比較を右下図に示す。それぞれの1孔を抜いた各2ケースは、全32孔を用いたものと大きな差は認められない。
- 以上より、全孔から得られる G_0 分布に対して、近傍にあるそれぞれの孔を棄却した G_0 分布には、同様の傾向（既往データのばらつき範囲内、 G_0 分布回帰）が得られていることから、w-1孔を含む32孔による整理に問題はない。



1999年以前の施工範囲における調査位置図



施工年代別のVs平均による G_0 分布と回帰（近傍孔の影響確認）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 表層地盤のPS検層データ（d.-①）

● 取得したデータ（流動化処理土）

【d.-①】：既往のPS検層データ（○+○）計7孔における速度構造(S波速度)、密度を整理した。

● 流動化処理土の施工状況・管理方法により整理した動せん断弾性係数 G_0

➤ 敷地全体における流動化処理土は、図 a によるブロック割りで施工されている。流動化処理土は、流動化処理土利用技術マニュアル等に基づき施工管理がなされており、一軸圧縮強度 qu の管理基準に応じて、2つのグループに大別され、一定の品質となるよう施工管理されている（図 b）。

第1グループ（○）： $qu \geq 0.3\text{MPa}$ 程度（一部 0.2MPa 程度設定あり）

第2グループ（○）： $qu \geq 0.6\text{MPa}$ 程度

➤ 流動化処理土はセメント添加による人工材料であるため、一般的に土質材料のような深度依存（拘束圧依存）はないものと考えられることから、第1、第2グループ共に深度依存のない平均物性値として整理する（図 c、d）。

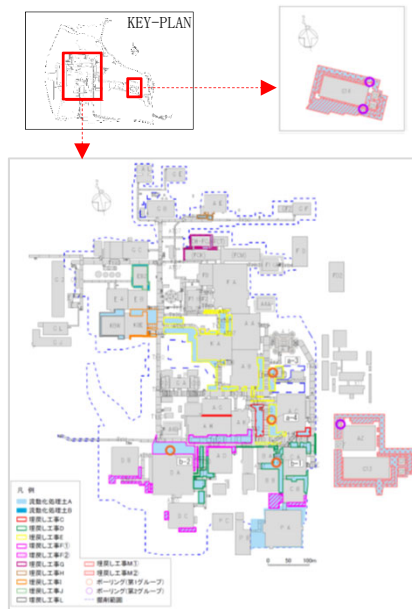


図 a 流動化処理土の分布状況

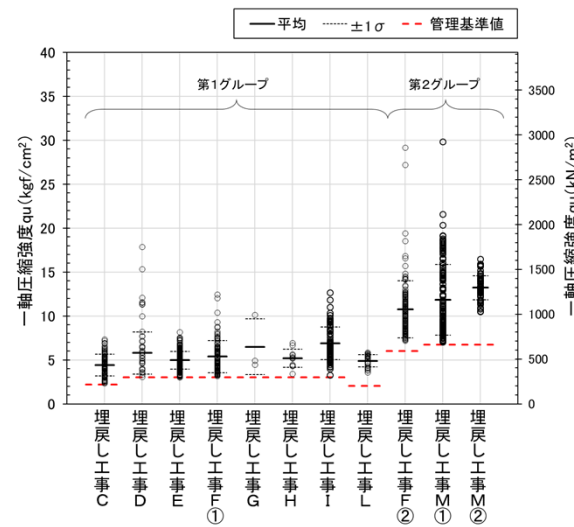


図 b 流動化処理土の施工管理記録（一軸圧縮強度）

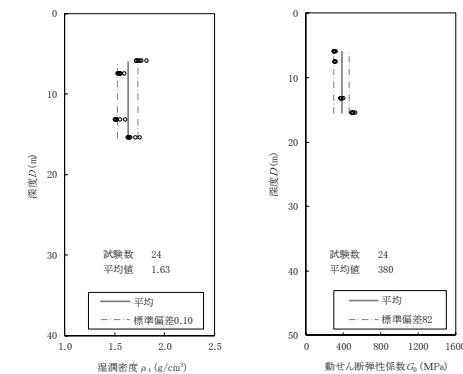


図 c 第1グループの湿潤密度 ρ_t 及び動せん断弾性係数 G_0 分布図

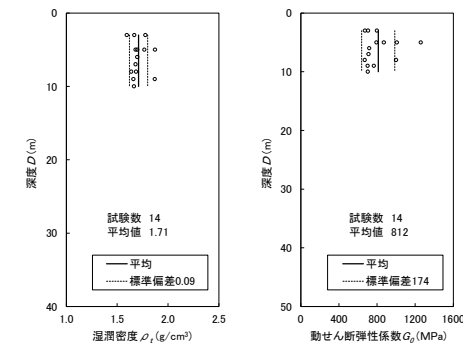


図 d 第2グループの湿潤密度 ρ_t 及び動せん断弾性係数 G_0 分布図

3. データの敷地への適用

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータ（1/5）

- 前頁までに示した、信頼性を確保したデータについて、敷地内の各位置において用いるデータを整理した。
- 用いるデータについては、近接する建屋グループを仮定し、各グループの範囲内にて得られているデータに加え、グループ周辺のデータを用いることとした。これにより、一部のデータについては、複数グループで共有している。
- 岩種ごとに習得しているデータについては、当該グループ内に分布する岩種に対応するデータを用いることとした。
- 地震観測記録については、敷地内のf-1,f-2断層により区切られる中央、西側、東側地盤の単位で適用させることとした。

設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、 Vs,Vp,ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ ,γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を 用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
AA周辺	<ul style="list-style-type: none"> • N3_-U • N3-E5_ • N3_-E5_ • L-U_ • D-E5_ • M-V • N_-U • R5-Q2 • R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> • R5-Q2 • R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）

注記：三軸圧縮試験において整理した岩種は、薄層の砂岩・泥岩互層、限定箇所に分布する礫岩、粗粒砂岩及び解放基盤以深に分布する凝灰質砂岩を除く岩種としており、岩石コア試験における対象岩種も同じものとなっている。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータ（2/5）

設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、 Vs, Vp, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ , γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を 用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
F施設 周辺	<ul style="list-style-type: none"> • M-S • L-T • M-T • M-5 • D-T • D-5 • R5-Q9 • R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を 用いた同定】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	【地震波干渉法】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	<ul style="list-style-type: none"> • R5-Q9 • R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> • 1999年以前及 び2000年以降 施工の埋戻し土 のPS検層結果 (一部、流動化 処理土が分布)
AE	<ul style="list-style-type: none"> • N3_-6 • D-6 • R5-Q6 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を 用いた同定】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	【地震波干渉法】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	<ul style="list-style-type: none"> • R5-Q6 	<ul style="list-style-type: none"> • 1999年以前及 び2000年以降 施工の埋戻し土 のPS検層結果 (一部、流動化 処理土及び原地 山が分布)
AG	<ul style="list-style-type: none"> • L-4 • D-4 • R5-Q2 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を 用いた同定】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	【地震波干渉法】 <ul style="list-style-type: none"> • 中央地盤観測 点の地震観測記 録 	<ul style="list-style-type: none"> • R5-Q2 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000年以降施 工の埋戻し土の PS検層結果 (一部、流動化 処理土が分布)

注記：三軸圧縮試験において整理した岩種は、薄層の砂岩・泥岩互層、限定箇所分布する礫岩、粗粒砂岩及び解放基盤以深に分布する凝灰質砂岩を除く岩種としており、岩石コア試験における対象岩種も同じものとなっている。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータ（3/5）

設定するパラメータ	A. 岩盤部分の物性値等	B. 岩盤部分の非線形性	C. 岩盤部分の減衰定数					D. 表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
GA	<ul style="list-style-type: none"> • K_-V • R5-Q2 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	• R5-Q2	• 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果
DC	<ul style="list-style-type: none"> • K_-3 • R5-Q1 • R5-Q11 	<ul style="list-style-type: none"> • 細粒砂岩 • 泥岩（下部層） 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> • R5-Q1 • R5-Q11 	• 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）
E施設周辺	<ul style="list-style-type: none"> • J_-T_ • J_-5_ • C_-U • J-T • K-T • R5-Q5 	<ul style="list-style-type: none"> • 泥岩（上部層） • 砂岩・凝灰岩互層 • 礫混り砂岩 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 西側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 西側地盤観測点の地震観測記録 	• R5-Q5	• 1999年以前及び2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）

注記：三軸圧縮試験において整理した岩種は、薄層の砂岩・泥岩互層、限定箇所分布する礫岩、粗粒砂岩及び解放基盤以深に分布する凝灰質砂岩を除く岩種としており、岩石コア試験における対象岩種も同じものとなっている。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータ（4/5）

設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、 Vs, Vp, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ , γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を 用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
AC	<ul style="list-style-type: none"> • N6_-4 • O-E5 • N6-V • R5-Q7 	<ul style="list-style-type: none"> • 砂質軽石凝灰岩 • 凝灰岩 • 軽石凝灰岩 • 軽石質砂岩 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を用いた同定】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	【地震波干渉法】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	• R5-Q7	• 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）
CA	<ul style="list-style-type: none"> • N6_-E2 • R5-Q7 • R5-Q12 	<ul style="list-style-type: none"> • 砂質軽石凝灰岩 • 凝灰岩 • 軽石凝灰岩 • 軽石質砂岩 • 細粒砂岩 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を用いた同定】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	【地震波干渉法】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	• R5-Q7 • R5-Q12	• 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）
CB	<ul style="list-style-type: none"> • N6_-X • D-3 • R5-Q12 	<ul style="list-style-type: none"> • 砂質軽石凝灰岩 • 凝灰岩 • 軽石凝灰岩 • 軽石質砂岩 • 細粒砂岩 	• 同左	• 同左	【地震観測記録を用いた同定】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	【地震波干渉法】 • 東側地盤観測点の地震観測記録	• R5-Q12	• 2000年以降施工の埋戻し土のPS検層結果（一部、流動化処理土が分布）

注記：三軸圧縮試験において整理した岩種は、薄層の砂岩・泥岩互層、限定箇所分布する礫岩、粗粒砂岩及び解放基盤以深に分布する凝灰質砂岩を除く岩種としており、岩石コア試験における対象岩種も同じものとなっている。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータ（5/5）

設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を 用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
AZ	<ul style="list-style-type: none"> E_-W_ E_-E2_ E-4 R5-Q7 R5-Q8 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質軽石凝灰岩 軽石混り砂岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q7 R5-Q8 	<ul style="list-style-type: none"> 流動化処理土 A(第2グループ)のPS検層結果(高配合流動化処理土、ペントナイト混合土、流動化処理土の外側に原地山が分布)
G14	<ul style="list-style-type: none"> H_-X_(2) R5-Q3 R5-Q4 	<ul style="list-style-type: none"> 軽石混り砂岩 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 • 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 • 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q3 R5-Q4 	<ul style="list-style-type: none"> 流動化処理土 A(第2グループ)のPS検層結果(流動化処理土の外側に原地山が分布)

注記：三軸圧縮試験において整理した岩種は、薄層の砂岩・泥岩互層、限定箇所に分布する礫岩、粗粒砂岩及び解放基盤以深に分布する凝灰質砂岩を除く岩種としており、岩石コア試験における対象岩種も同じものとなっている。

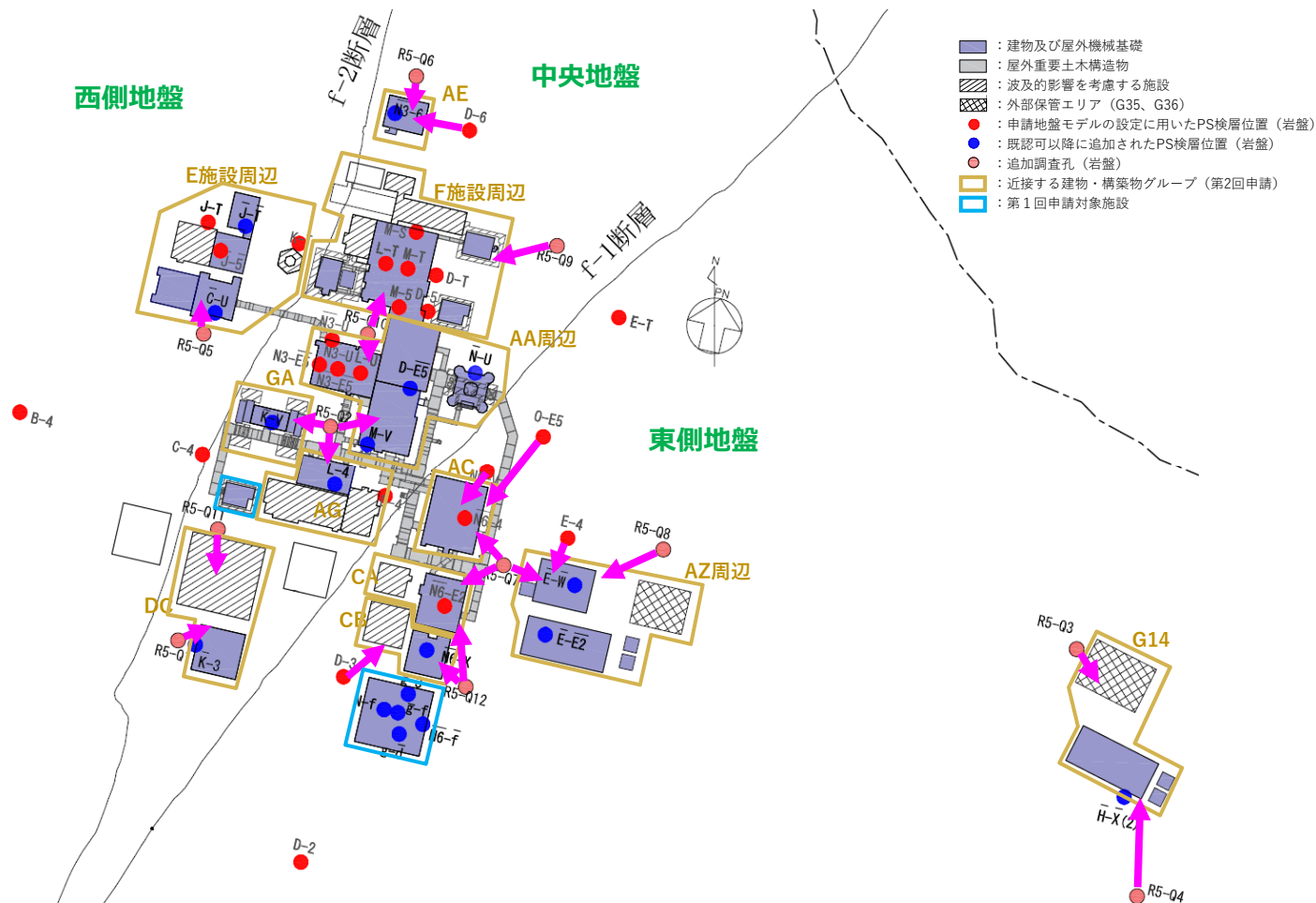
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

■ 敷地内各地点において用いるデータの詳細

● 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）及びS波検層（c.-⑥）

- 用いるデータについては、近接する建屋グループを仮定し、各グループの範囲内（）にて得られている既往データ（● + ●）に加え、グループ周辺の既往データ（●）及び追加データ（●）を、図中矢印（→）に示すとおり用いることとした。



PS検層及びS波検層データの敷地内の適用範囲に係る検討結果

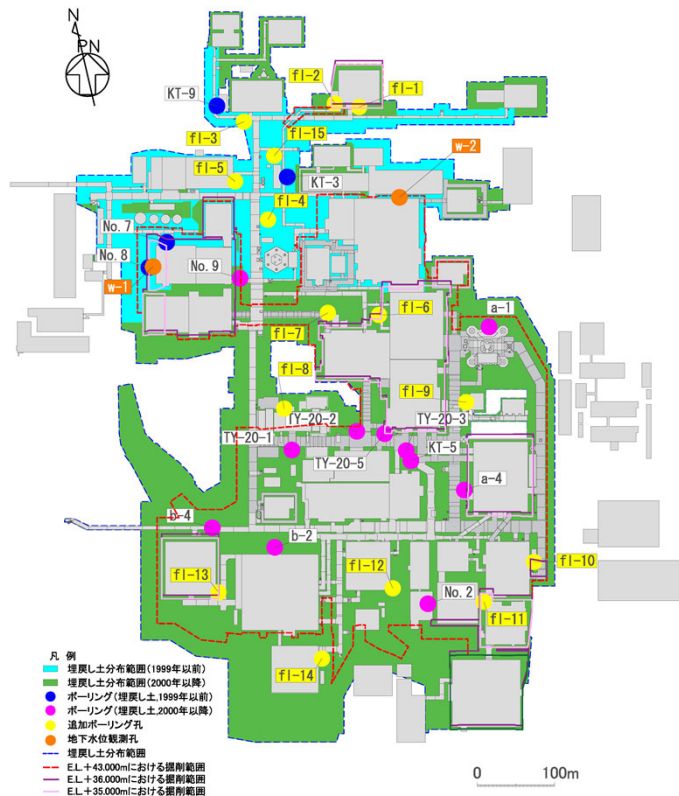
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3. データの敷地への適用

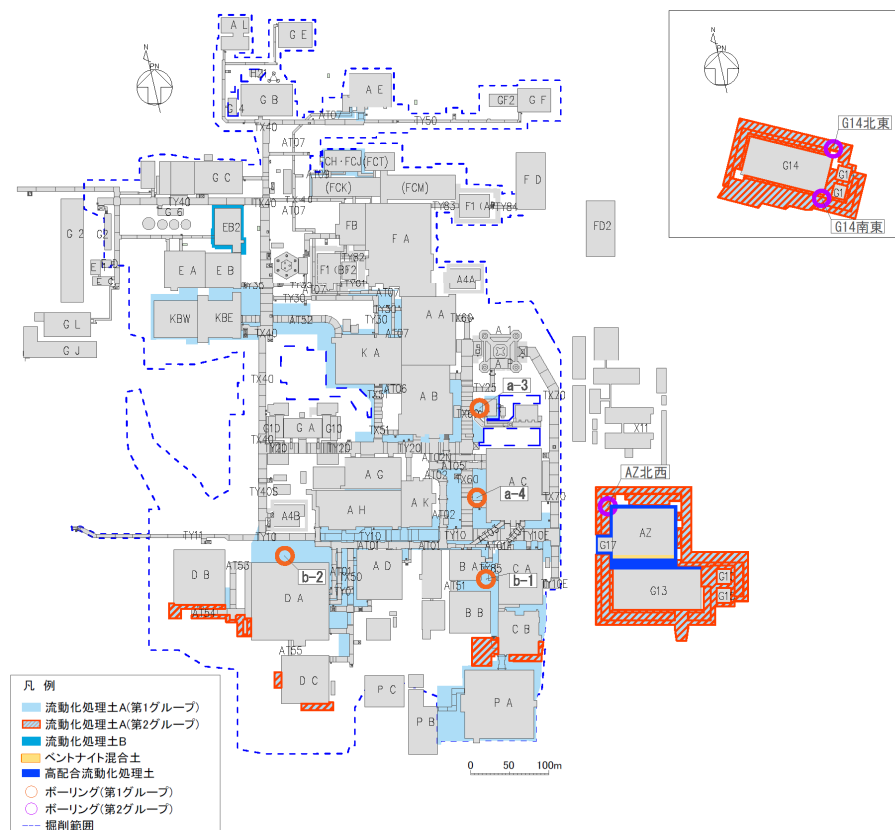
■ 敷地内各地点において用いるデータの詳細

● 表層地盤のPS検層（d.-①、d.-②）

- 表層地盤の物性値等に用いるデータについては、各グループに分布する埋戻し材料の種別に応じて設定する。
- 下図に示すとおり、AA周辺グループ、F施設周辺グループ、AEグループ、AGグループ、GAグループ、DCグループ、E施設周辺グループ、ACグループ、CAグループ及びCBグループについては主に埋戻し土が分布するが、局所的に流動化処理土が混在するほか、一部の建屋周囲で埋戻し土の分布範囲が部分的に狭くなっている。
- AZ周辺グループ及びG14グループについては、流動化処理土A（第2グループ）が主に分布するが、一部ベントナイト混合土や高配合流動化処理土が混在している。



敷地内における埋戻し土の分布状況



敷地内における流動化処理土の分布状況

4. データの整理

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析方針

- ▶ 「3. データの敷地への適用」に示したデータを各グループに適用し、敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を把握する上で、下表に示す着目点に対する分析を行った。
- ▶ 各因子における分析に係る着目点の把握、分析の実施にあたっては、原子炉サイトにおける地盤モデルの策定において多数の検討実績を有する見識者を中心に実施した。
- ▶ また、各因子におけるデータ整理又は分析において、他因子に対して共有すべき知見がある場合には、その観点での分析も実施した。
- ▶ 次頁以降において、各グループにおけるデータの分析方針を示す。

設定するパラメータ	A. 岩盤部分の物性値等	B. 岩盤部分の非線形性	C. 岩盤部分の減衰定数					D. 表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> グループ内における各データ取得位置における地質構造及び速度構造の特徴を整理。 断層等の影響により建屋直下で地質構造が異なる場合の入力地震動への影響を確認。(C. 岩盤部分の減衰定数に係る分析における知見を踏まえた着目点) 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル（ひずみの大きさ及び剛性低下率）及び入力地震動への影響を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 同一岩種の供試体に基づくデータを統計的にひずみ依存特性 ($h-\gamma$) に回帰したものであることから、そのデータが一樣のものとなっているか確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 岩石コアにより得られた材料減衰がごく小さい領域における値であることを踏まえ、岩種ごとの線形条件における減衰定数として整理する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録と整合する減衰定数を同定。 同定値の妥当性を地震観測シミュレーションにより確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 小振幅の地震も含む多数の地震観測記録に見られる共通的な傾向を分析し、減衰定数を推定。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 敷地内の各地点で得られた減衰定数の実測データを踏まえ、敷地の地盤が類似地点と異なる傾向を示すか確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土または流動化処理土のデータの傾向を踏まえた物性を考慮する。 埋戻し材料が複数混在している場合は、入力地震動を算定する上での傾向等を鑑みて物性値を設定する。もしくは解析的な検討により、入力地震動に与える影響を確認した上で設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

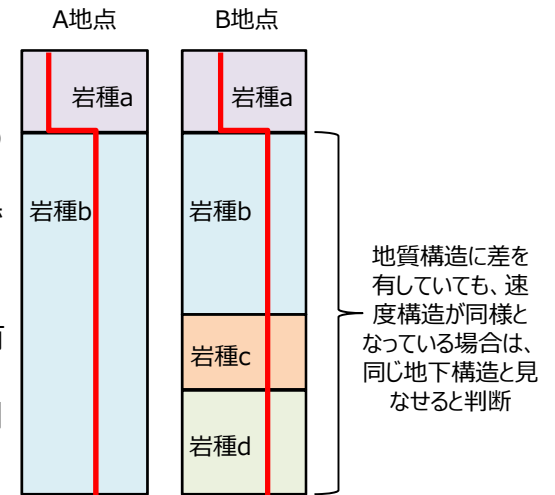
4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る整理方針

● A. 岩盤部分の物性値等

【地質構造及び速度構造の確認】

- ▶ グループ内のデータの類似性に着目した整理として、各グループ内で用いることとしたPS検層データについて、以下の観点で、グループ内の各地点における地下構造の比較を行う。
 - ① 地質構造の確認として、地質柱状図より、分布する岩種及びその岩種境界レベルが各地点間で同等であれば、同じ地下構造におけるデータであると判断する。
 - ② 各地点間の地質構造に差がある場合、PS検層データより、速度構造との対応関係を確認する。岩種境界に速度境界が見られない、または速度境界を有したとしても、同程度のコントラストを有する速度構造となっている場合については、同じ地下構造におけるデータであると判断する。
- ▶ 上記①②の整理結果より、各地点におけるPS検層データが、同じ地下構造におけるデータであると判断できる場合には、JEAG4601-1987の考え方に則り、各グループにおいて得られているデータを平均化した物性値として整理する。これにより、グループ内の各施設において用いるデータ数が増加することとなり、地盤の特徴を捉えた地下構造としての信頼性が向上すると考えられる。
- ▶ 上記①②の整理結果により、各地点におけるPS検層データが、同じ地下構造であると判断できない場合は、データの平均化は行わず、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、各施設個別に物性値等を整理する。

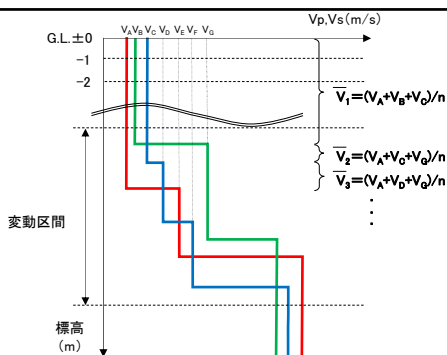


注：岩種の差は「B. 岩盤部分の剛性の非線形性」において考慮するはずみ依存特性に影響するが、B. の分析結果において岩盤部分の剛性の非線形性はSs地震時においても入力地震動に及ぼす影響が小さい傾向が全体的に見られることから、本検討では上記判断とした。

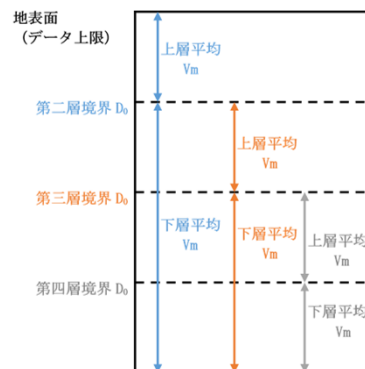
速度構造との対応関係の確認イメージ

【データを平均化した物性値の設定手順】

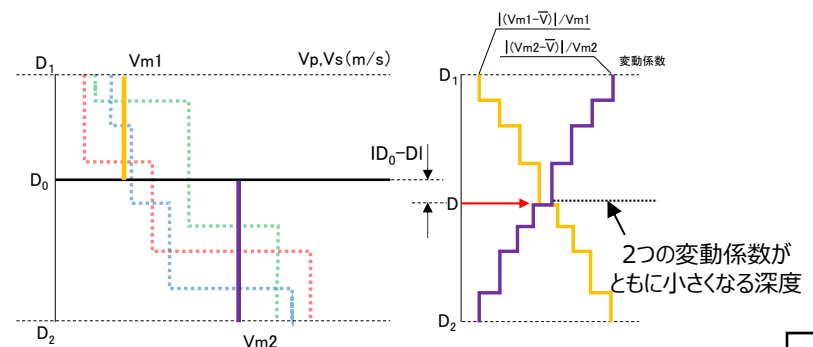
- 手順①：対象ボーリングデータを層厚1m毎に平均化し、Vを計算
 手順②：平均化で得られる速度の深さ方向分布図より、変化する区間（各ボーリング孔の速度境界が集中する区間と捉え、ここでは「変動区間」と呼ぶ。）を定める。



- 手順③：変動区間内の任意の深度に速度境界 D_0 を仮定する。
 手順④：仮定した速度境界 D_0 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。



- 手順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。
 S波速度、P波速度及び単位体積重量については、ここで設定した同一速度層内の試験結果の平均値として設定する。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

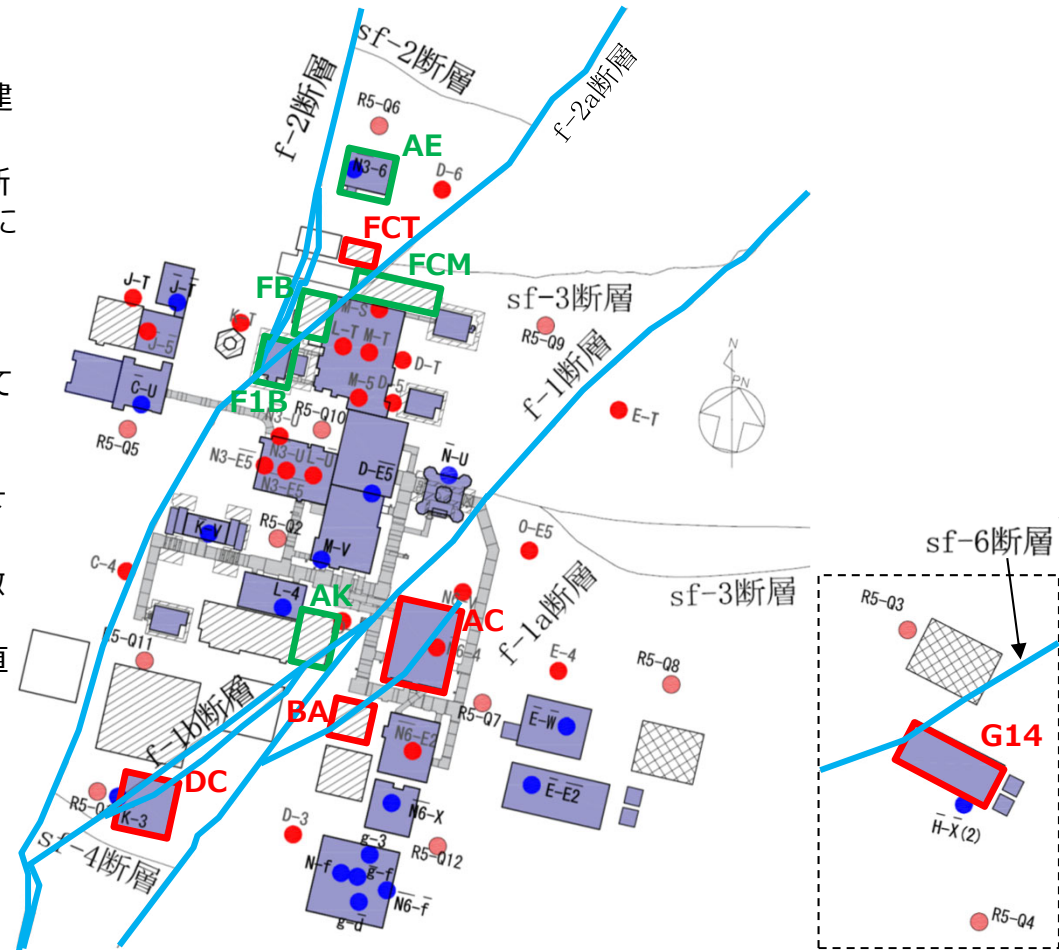
4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る整理方針

● A. 岩盤部分の物性値等

【建物・構築物直下の断層の影響確認】

- グループ内個別の施設に着目した整理として、岩盤分類図に基づき、建物・構築物の直下において、断層が分布する建物・構築物の整理を行った。（次頁参照）
- FCT、DC、AC、BA、G14については、建屋直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響の確認を実施する。
- FB、FCM、F1B、AE、AKについては、建屋直下において、断層が分布するものの、断層によって岩種分布の差は生じていないことから、入力地震動への影響はないと判断した。
- なお、F1B、FBについては、f-2断層により施設近傍で地質構造が大きく変化するものの、入力地震動については、直下の地盤の速度構造が支配的となると考えられる。この考え方については、1次元の地下構造として地盤の特徴を評価するにあたり実施した2次元FEMモデルを用いた検討において、断層を2次元的に考慮したモデルによる応答と、直下の地盤の速度構造を1次元的に考慮したモデルによる応答に顕著な違いがないことを確認している。



- (Red): 建屋直下において断層を境として異なる岩種が分布
- (Green): 建屋直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

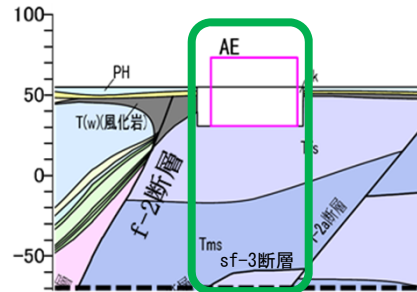
4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る整理方針

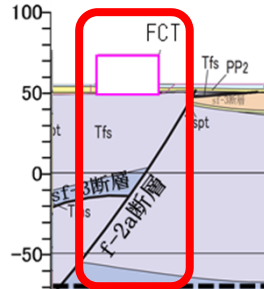
● A. 岩盤部分の物性値等

【建物・構築物直下の断層の影響確認】

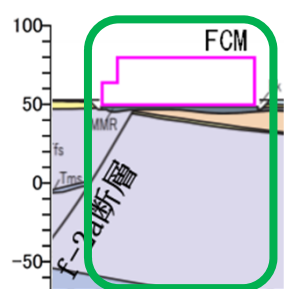
➢ 岩盤分類図に基づく、直下に断層が分布している施設の整理結果を示す。



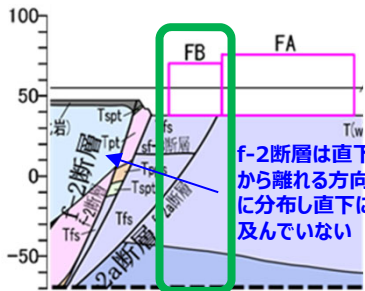
直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない



直下において岩種分布に差が生じている

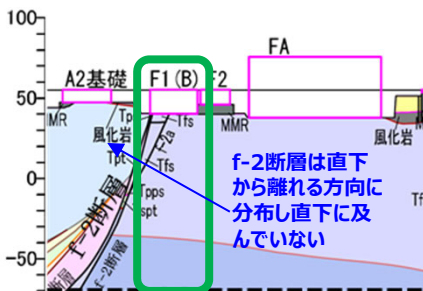


直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない



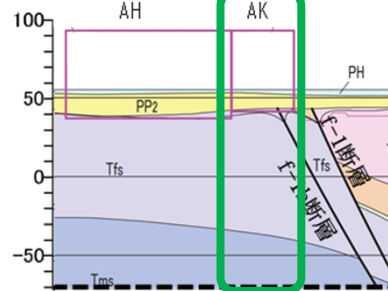
f-2断層は直下から離れる方向に分布し直下に及んでいない

直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない

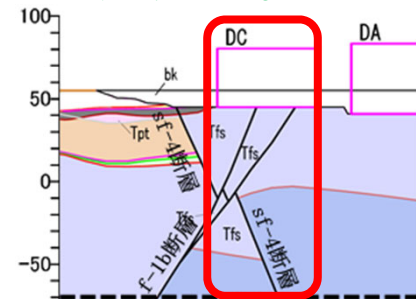


f-2断層は直下から離れる方向に分布し直下に及んでいない

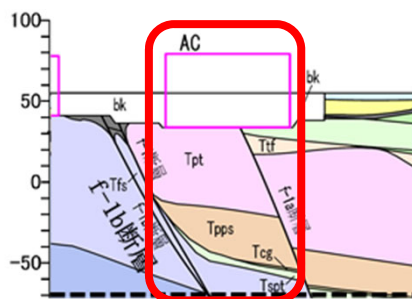
直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない



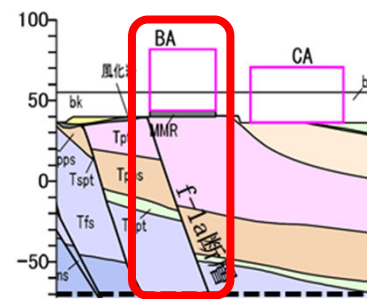
直下において断層が分布するものの、岩種分布に差がない



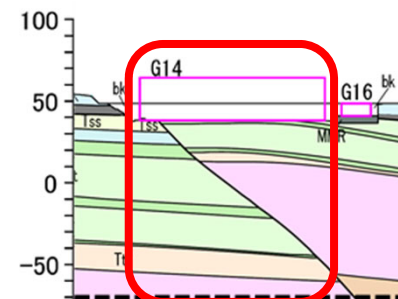
直下において岩種分布に差が生じている



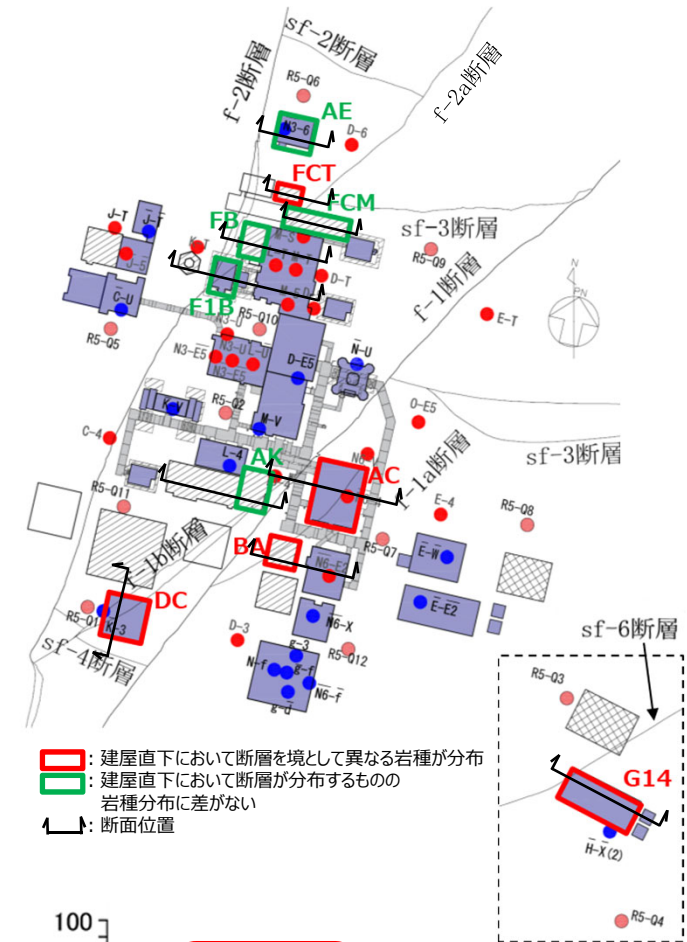
直下において岩種分布に差が生じている



直下において岩種分布に差が生じている



直下において岩種分布に差が生じている



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る整理方針

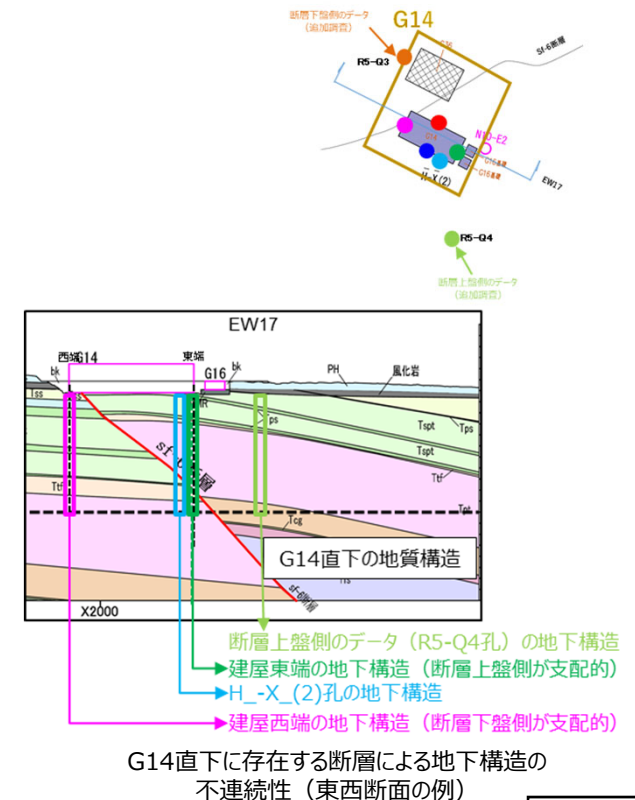
● A. 岩盤部分の物性値等

【建物・構築物直下の断層の影響確認】

- 前頁にて整理した、建屋直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認される施設（FCT、DC、AC、BA、G14）を対象に、その影響を確認するため、以下の検討を実施する。
- 以下のとおり設定した複数の地盤物性に基づく入力地震動を算定し、各グループにおいてP43の方針に基づき設定した物性値に基づく入力地震動の応答スペクトルと比較する。
- 応答スペクトルの比較にあたっては、施設の耐震設計において重要となる周期帯として、建物・構築物及び内包する設備への影響を考慮し、建物の1次固有周期よりも短周期側における応答スペクトルの大小関係に着目する。
- 応答スペクトルの比較の結果、断層による影響が確認された施設については、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。

【各位置の物性値の設定方法（G14における例）】

- 断層の上盤側及び下盤側の地質構造の特徴を捉えたPS検層結果を用いて、建物設置範囲の各位置（建物の東西南北端(図中●、●、●、●の位置)）における地質構造の違いを反映した地盤物性を複数設定する。
- 設定にあたっては、断層の上盤側と下盤側のPS検層結果（図中●、●）に基づき、建物設置範囲の各位置に合わせ、1次元の地下構造として物性値を設定することで、建屋の各位置の地盤の特徴を極端に評価することができる。なお、1次元の地下構造として地盤の特徴を評価する考え方については、2次元FEMモデルによる評価によりその適用性を確認している。
- 建物設置範囲の各位置の地盤物性の設定に用いるPS検層結果の選定においては、断層の上盤側及び下盤側それぞれの地質構造の特徴が捉えられているデータとして、建物設置範囲の各位置（建物の東西南北端）に分布する岩種を網羅するようなデータを選定することを基本とする。
- 上記に基づき選定したデータを用い、建物設置範囲の各位置の地質構造に合わせて速度境界レベルの補正を行う。速度境界レベルの補正は以下の観点で行う。
 - a. 選定したデータにおいて、岩種境界レベルと速度境界レベルが同一の場合は、建物設置範囲の各位置においても、同じ岩種の境界レベルに速度境界を設定する。
 - b. 選定したデータにおいて、特定の岩種内に速度境界が確認される場合は、同じ標高においては同程度の上載圧が作用すると考えられることから、建物設置範囲の各位置における当該岩種内においても、同じ標高に速度境界があることを仮定する。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る整理方針

● B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合のSs地震時の地盤応答の応答スペクトル（E+F波及び2E波）を算定し比較することで、岩盤部分の非線形性を考慮した際の地盤のせん断ひずみ度及び入力地震動の応答スペクトルへの影響を確認する。
- 岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響としては、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による結果に基づき判断する。
- 応答スペクトルの比較にあたっては、施設の耐震設計において重要となる周期帯として、各グループにおいて最も固有周期の長い施設よりも短周期側における応答スペクトルの大小関係に着目する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4. データの整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● 各データから得られる減衰定数の特徴

- 減衰定数に係るデータは、複数の手法により得られているため、手法毎の特徴を踏まえた分析を行う。
- 各着目点に応じた分析を行う上で、各データの取得条件等に応じた減衰定数の物理的な意味合いを整理した。

岩盤部分の減衰定数に係るデータ

データ	成分	着目周期帯	取得位置		考慮する地震動の 振幅レベル	備考	
			既往データ	追加データ			
C-1 三軸圧縮試験	材料減衰	なし	敷地内各地点 および各岩種	—	直接地震動の振幅とは 対応しないが、地盤のせん断ひずみ(1%程度まで)に対応した非線形特性を測定可能	—	
C-2 岩石コア試験	材料減衰	数百Hz~のごく 高振動数・短周期帯	—	各Gr(12地点)	微小振幅レベル	高次ピークの影響が小さいと考えられ、信頼性があると考えられるパルスライズタイム法を採用する。	
地震観測記録に基づく手法	C-3 地震観測記録を用いた同定	材料減衰 + 散乱減衰	0.1~1s程度	地震観測位置 (3地点)	—	実地震観測記録の振幅レベル(敷地においては40ガル程度まで)	既往知見及び審査実績を踏まえ、リニア型、バイリニア型、一定の複数の周波数依存性を仮定する。
	C-4 地震波干渉法	材料減衰 + 散乱減衰	デコンボリューション波形の卓越周期周辺	地震観測位置 (3地点)	—	実地震観測記録の振幅レベル(敷地においては40ガル程度まで)	西側及び東側地盤においては、表層地盤の地下構造による影響が確認され、適切な評価が不可
C-5 S波検層	材料減衰 + 散乱減衰	0.01~0.1s程度のごく短周期領域	—	各Gr(12地点)	微小振幅レベル	—	

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4. データの整理

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係るデータ整理方針

● C. 岩盤部分の減衰定数

材料減衰

【C-1：三軸圧縮試験】

- ひずみ依存特性 ($h-\gamma$) の傾向に着目し、岩盤のひずみレベルに応じた減衰定数の変動の傾向について確認する。
- 岩種ごとに近似的に整理されたデータであることを踏まえ、元となっている個別データの状況を、同じく各地点・深さにおけるデータである「C-2：岩石コア試験」のデータとの対応状況を踏まえて確認する。

【C-2：岩石コア試験】

- 微小ひずみレベルにおける材料減衰に対応するデータであることを踏まえ、C-1：三軸圧縮試験によるデータにおける微小ひずみ領域の減衰定数との対応関係を確認する。

【C-3：地震観測記録を用いた同定】

- 中央地盤、西側地盤、東側地盤の各地震観測点ごとに、当該地点の地下構造を踏まえた速度構造及び減衰定数を、地震観測記録における深さ間の伝達関数に整合するよう同定する。
- 既往知見並びに審査実績における複数の仮定条件を網羅したデータ整理として、減衰定数の周波数依存性として、「周波数依存性なし」、「周波数依存型（リニア型）」、「周波数依存型（バイリニア型）」の3種類の条件を仮定して実施したが、このうち観測記録との適合度が高い、「周波数依存型（リニア型）」及び「周波数依存型（バイリニア型）」による同定結果を整理する。
- 同定された速度構造及び減衰定数に基づき、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施し、地震観測記録の応答スペクトルの再現性を確認する。

材料減衰 + 散乱減衰

【C-4：地震波干渉法】

- 中央地盤、西側地盤、東側地盤の各地震観測点ごとに、解放基盤表面と地表間の入射波と反射波について、多数の地震に見られる共通的な傾向を、地震観測記録に基づくデコンボリューション波形により把握し、地盤中の減衰定数を推定する。




【C-5：S波検層】

- 各グループにおける減衰定数の傾向を確認する。

● D. 表層地盤の物性値等

- 各グループ周辺において分布する表層地盤を踏まえ、埋戻し土又は流動化処理土を設定する。
- 埋戻し材料が複数混在しているグループにおいては、入力地震動を算定する上で地震動の増幅や地盤のひずみの評価等における傾向を鑑みて表層地盤の物性値を設定する。もしくは解析的な検討により、入力地震動に与える影響を確認する。

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)	$h(f)=h_0 f^{-n}$		Takemura et al.(1993) 等
周波数依存型 (バイリニア型)	$h(f)=h_0 f^{-n} \quad (f \leq f_0)$ $h(f)=h_0 f_0^{-n} \quad (f > f_0)$		佐藤(ほか)(2006)

4. データの整理

4.1 AA周辺グループ

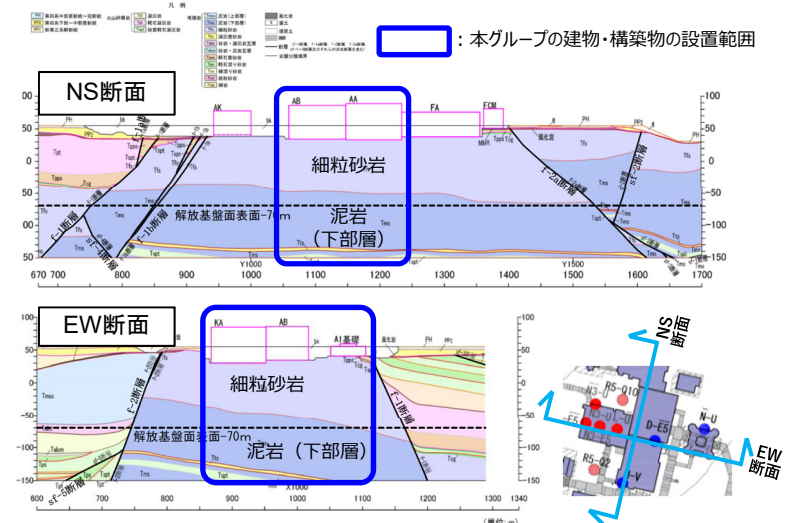
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

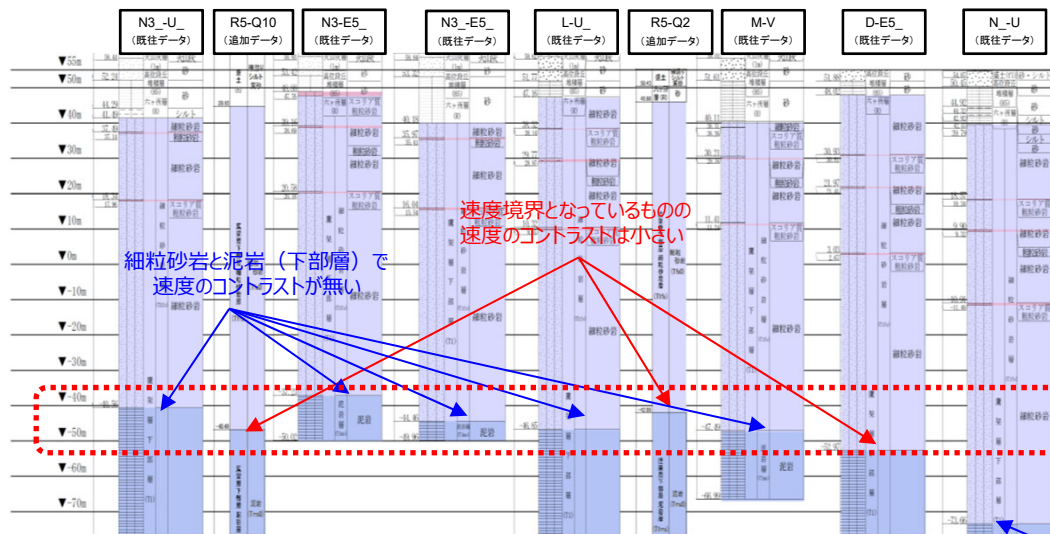
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）

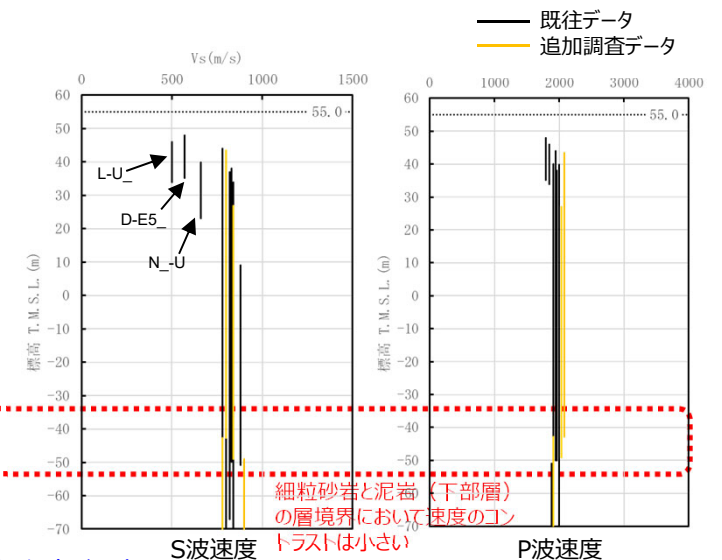
- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- PS検層（●+●+●）のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
- N₋U孔を除く8孔については、岩種境界レベルが同等となっており、その境界における速度のコントラストは小さいまたは無いことを確認。N₋U孔は岩種境界レベルは他地点と異なるものの、細粒砂岩と泥岩の境界では速度のコントラストは無いことを確認。
- L-U孔、D-E5孔及びN₋U孔、については、T.M.S.L.20mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られているが、他の孔位置との地質構造の差は無いことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



岩盤分類図



地質柱状図の比較（グループ内の東西方向の順に整理）境界が他地点より深いもの、速度のコントラストは無い



PS検層結果

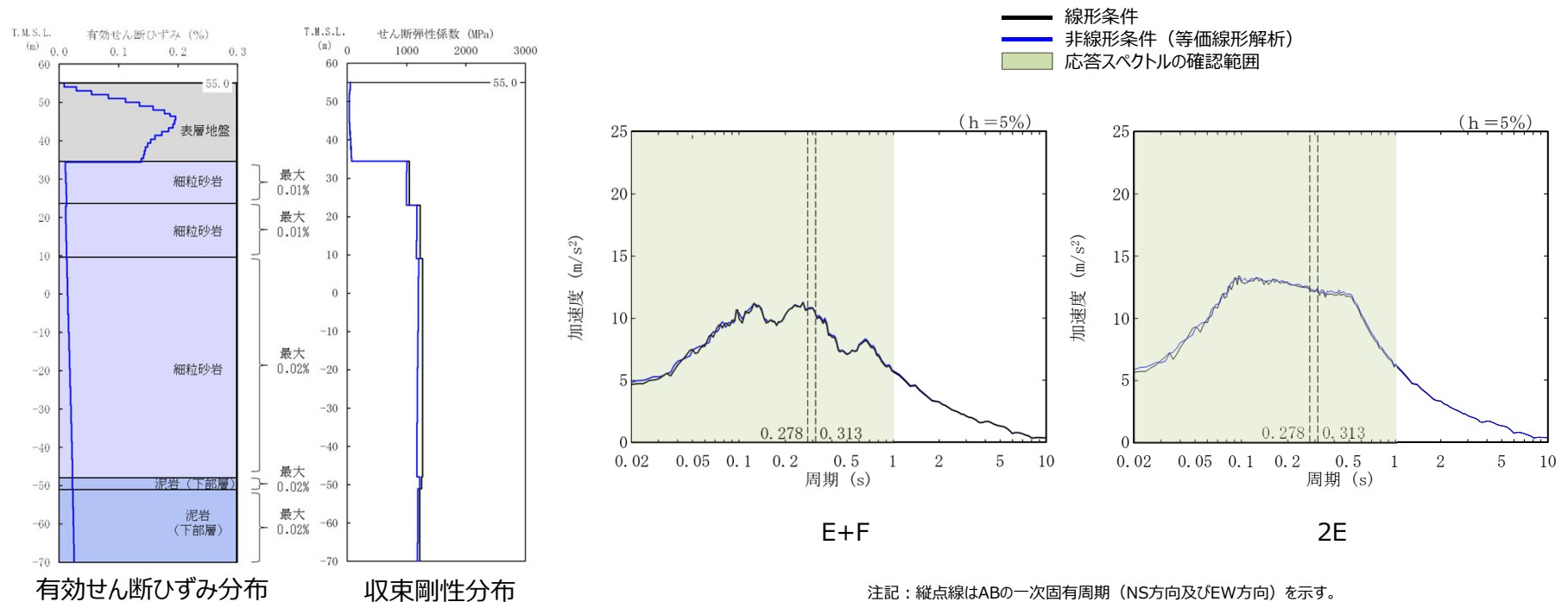
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (AB)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

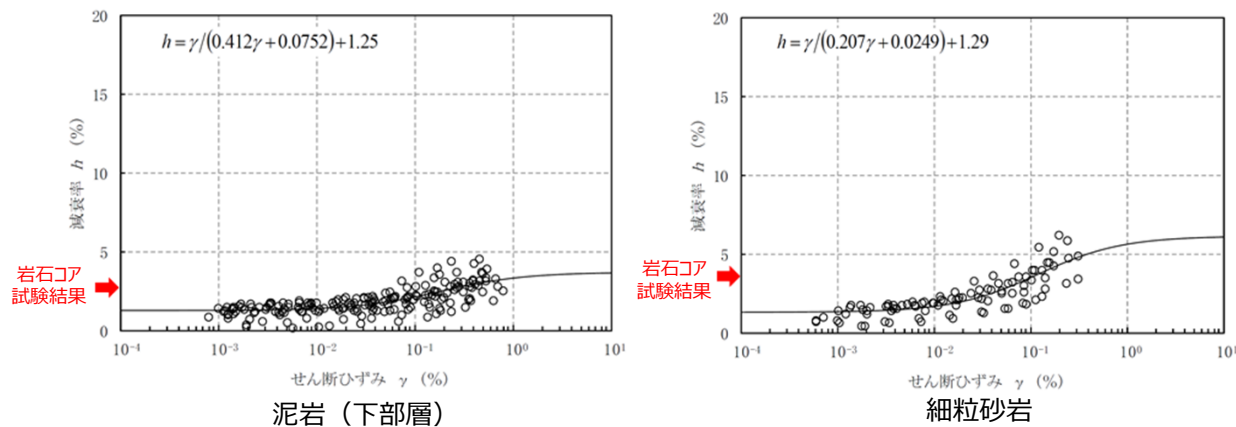
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- AA周辺グループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- AA周辺グループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

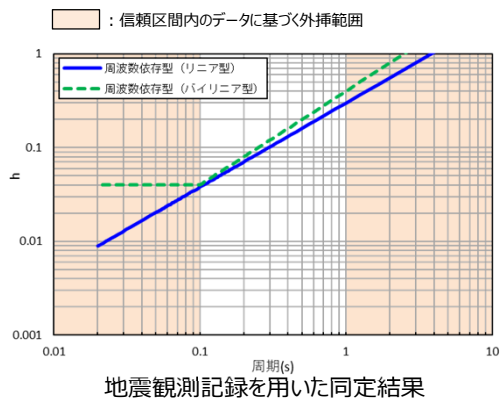
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

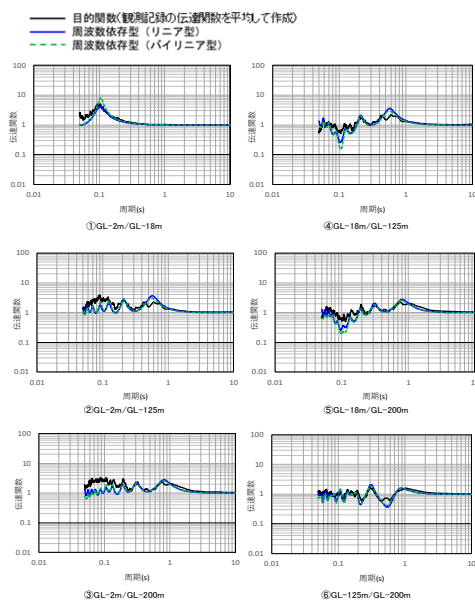
● C-3：地震観測記録を用いた同定

- AA周辺グループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。



注1：地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2：佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

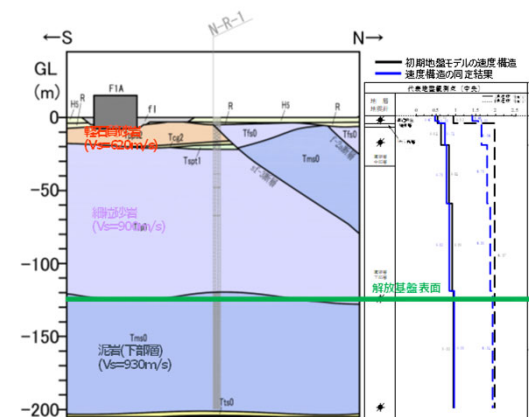
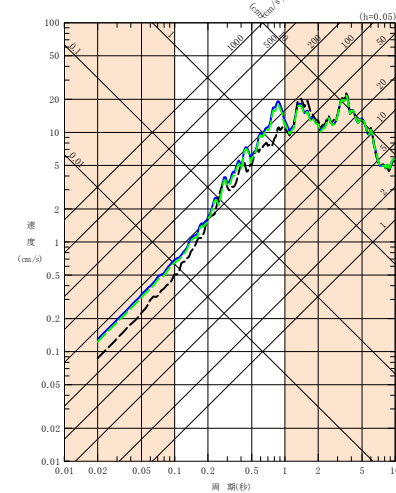


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果

：信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
 建物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



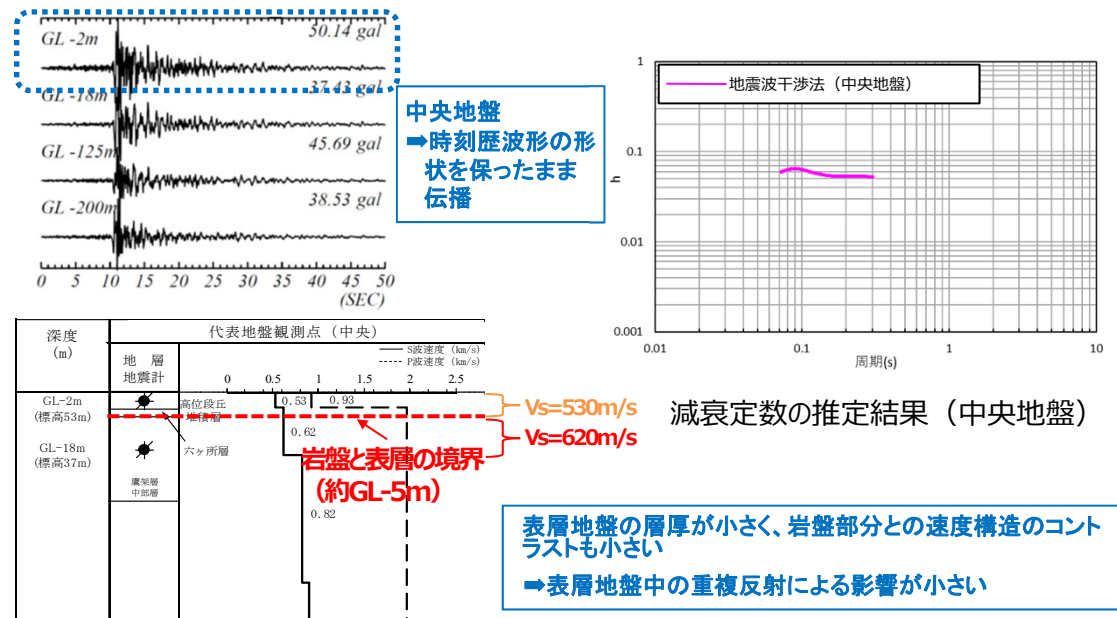
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

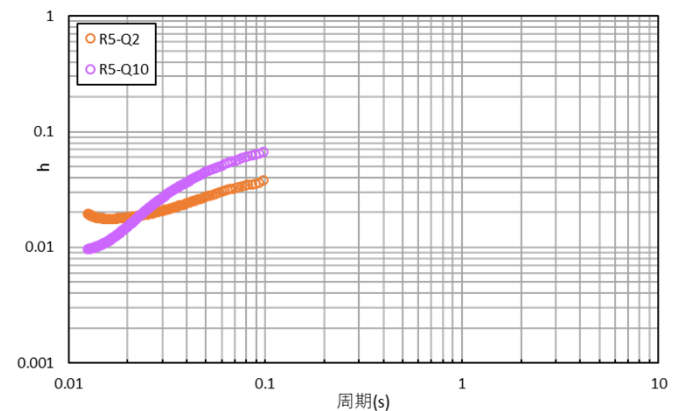
● C-4 : 地震波干渉法

- AA周辺グループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- AA周辺グループでは、R5-Q2及びR5-Q10孔におけるS波検層結果を参照。
- AA周辺グループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、複数データで同様の傾向となっており、散乱減衰が卓越している傾向。



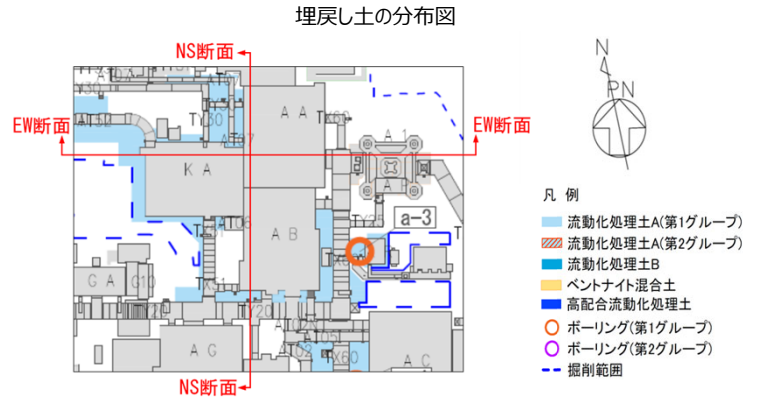
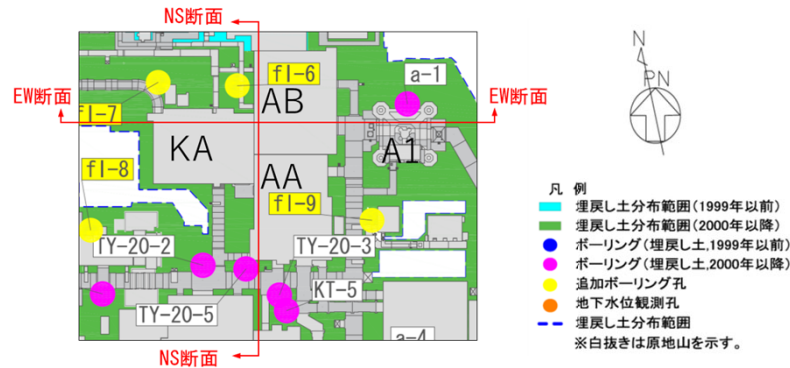
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

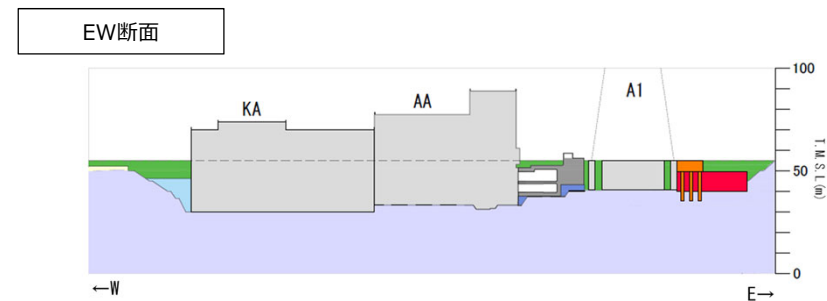
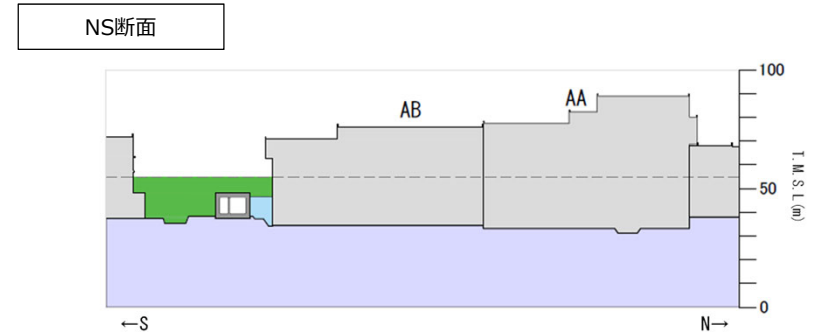
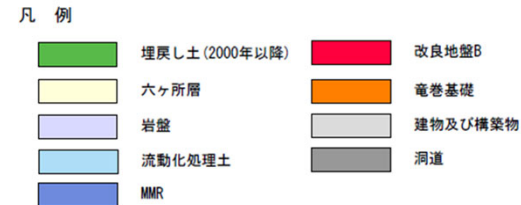
4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- AA周辺グループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が全周に広く分布。
- また、洞道周辺等には埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土及び改良地盤が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、「2.」において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。



AA周辺グループにおける表層分布図



AA周辺グループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

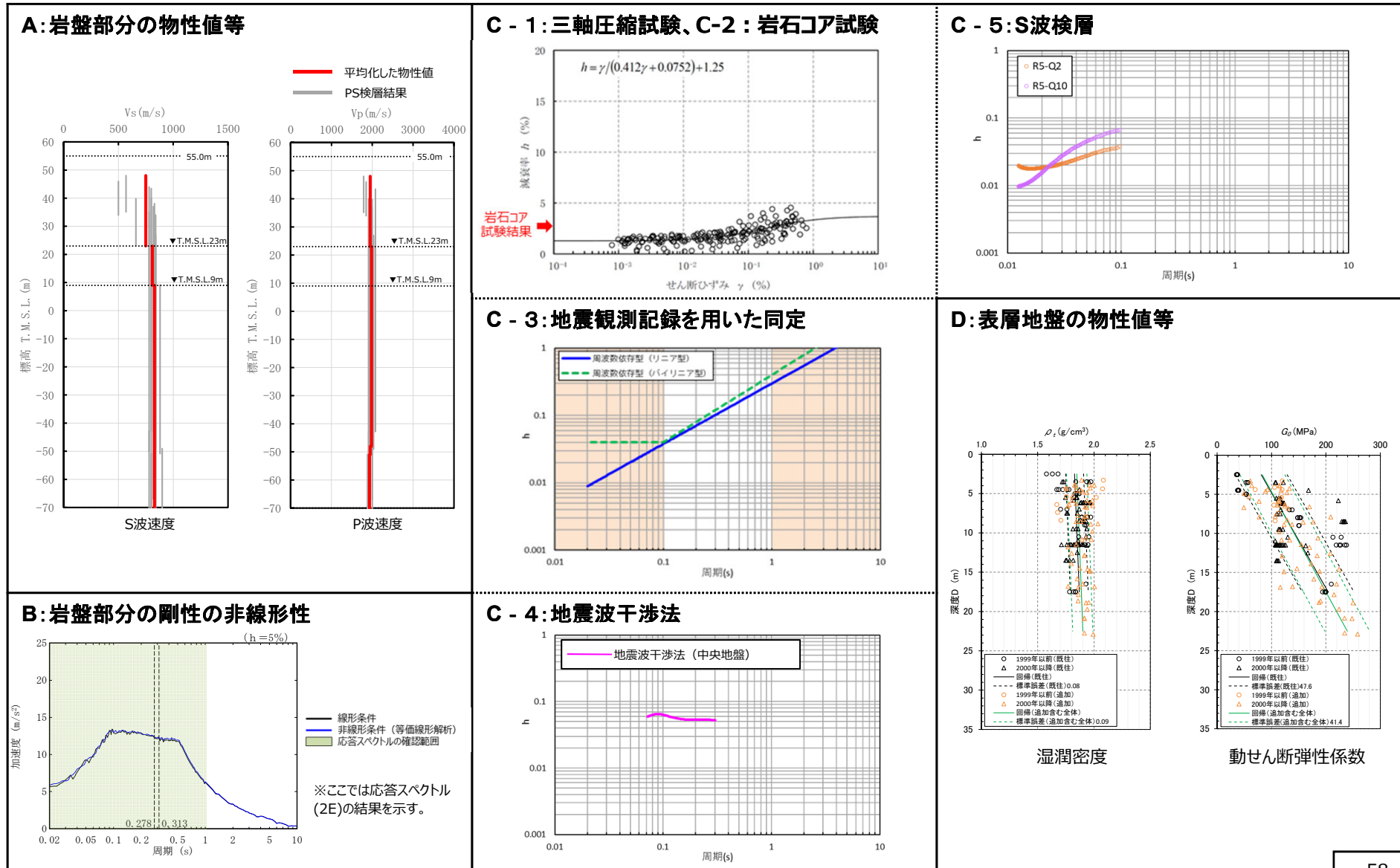
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G_0 - γ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.2 F施設周辺グループ

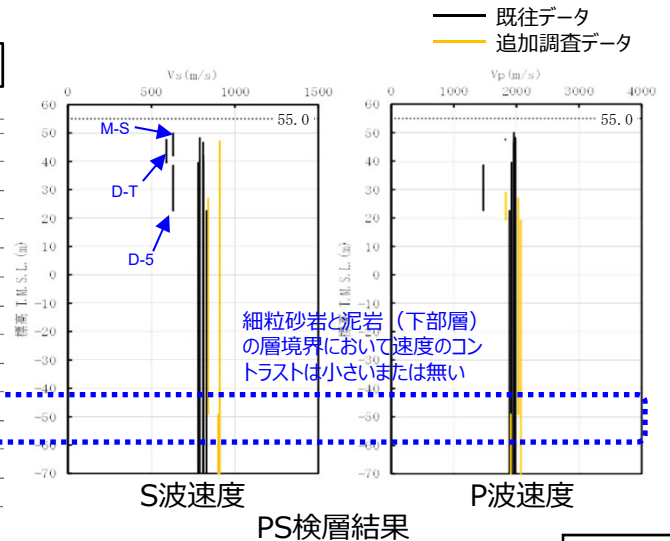
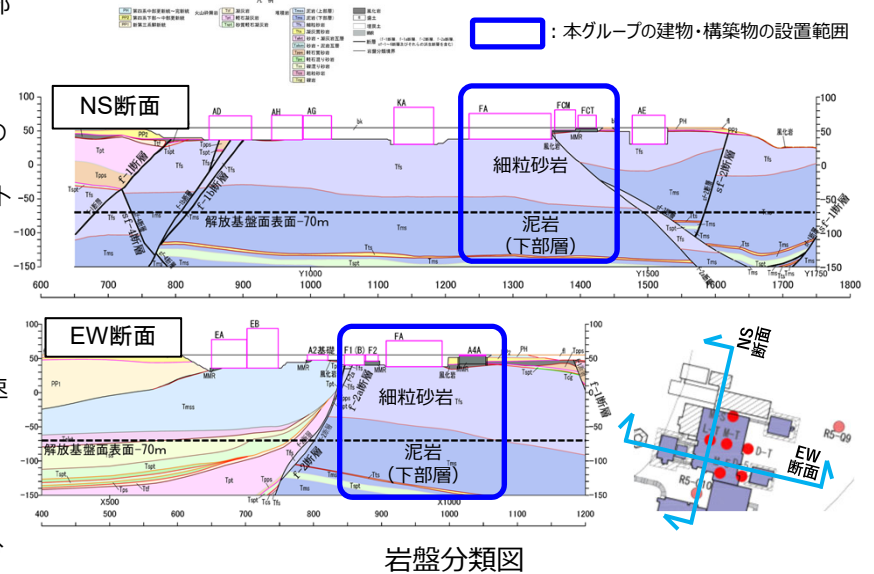
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - M-S孔及びR5-Q9を除く6孔については、岩種境界レベルが同等となっており、その境界における速度のコントラストは小さいまたは無いことを確認。
 - M-S孔については、境界レベルは他地点と異なるものの、細粒砂岩と泥岩の境界では速度のコントラストは無いことを確認。
 - R5-Q9孔については、細粒砂岩と泥岩 (下部層) の岩種境界が他地点より深いものの、他の孔で泥岩 (下部層) 上面レベルが確認されるT.M.S.L. -50mに速度のコントラストはないことを確認。
 - M-S孔、M-T孔及びD-T孔の浅部に軽石質砂岩が分布しており、速度構造に若干の影響を与えているが、入力地震動への影響はないことを確認している。
 - M-S孔、D-T孔及びD-5孔、については、T.M.S.L. 20mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られているが、D-5孔については他の孔位置との地質構造の差は無いこと、また、M-S孔及びD-T孔については前述のとおり速度構造の差の影響が小さいことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。さらに、FCTについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認する。



地質柱状図の比較 (グループ内の東西方向の順に整理)

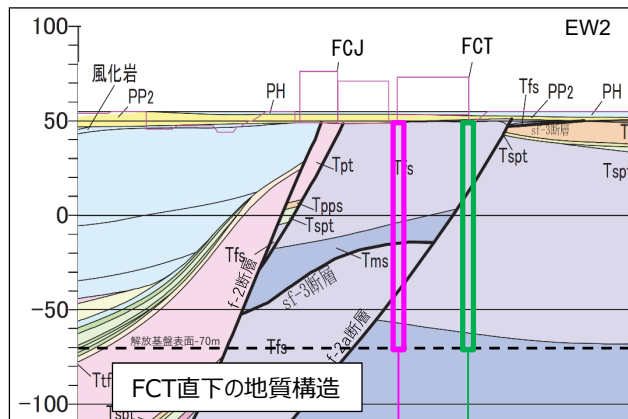
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

● 断層等の影響により、グループ内で地質構造が異なる場合の地盤応答への影響（F施設周辺グループ）

- FCTについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認。
- 応答スペクトル形状はF施設周辺グループの平均化物性にに基づく地盤応答（図中●）と、建屋直下各位置の地盤応答（図中●、●、●、●）の傾向は同様となっており、断層による地盤応答への影響は小さいことから、F施設周辺グループの平均化物性（図中●）を設定する。

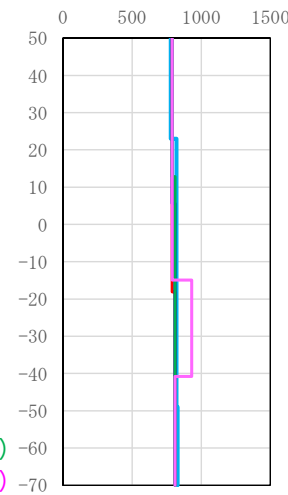


FCT直下に存在する断層による地下構造の不連続性（東西断面の例）

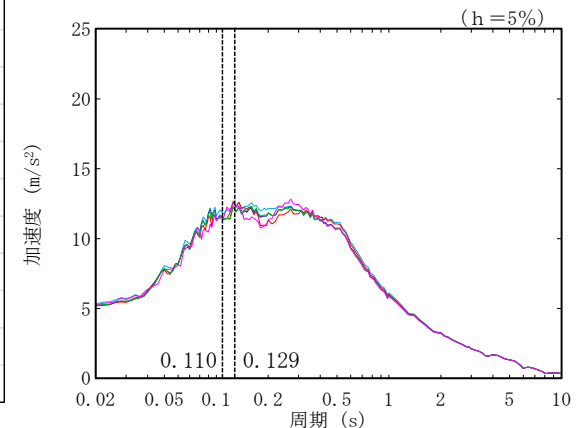


FCT直下各位置の速度構造

- F施設周辺の平均化物性
- 建屋直下各位置の地盤物性（北端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（南端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（東端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（西端）



- F施設周辺の平均化物性に基づく地盤応答
- 断層影響を考慮した地盤応答（北端）
- 断層影響を考慮した地盤応答（南端）
- 断層影響を考慮した地盤応答（東端）
- 断層影響を考慮した地盤応答（西端）



注記：縦点線はFCTの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

基礎底面レベルの応答スペクトル

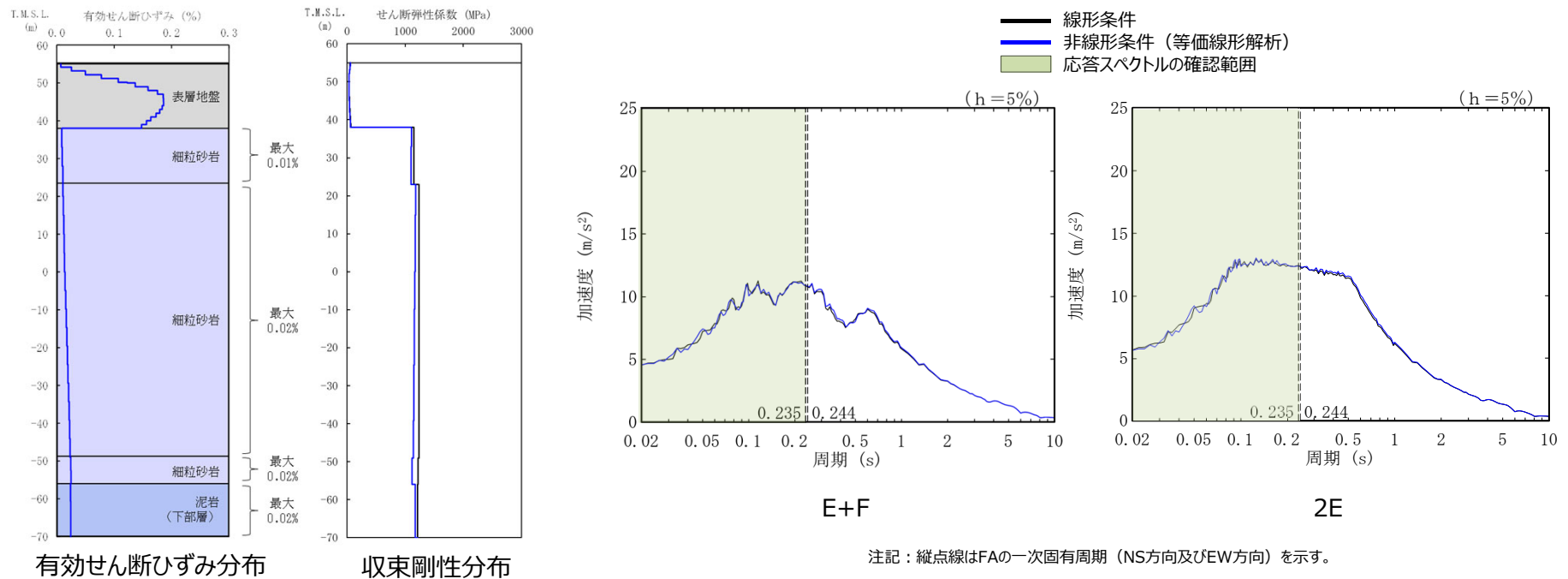
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果 (FA)

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (FA)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

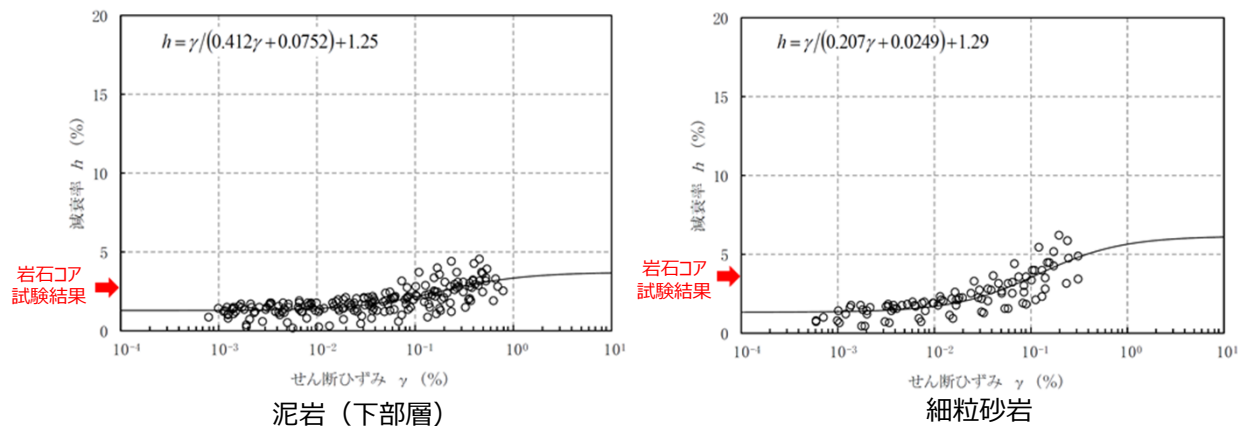
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- F施設周辺グループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- F施設周辺グループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3 : 地震観測記録を用いた同定

- F施設周辺グループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

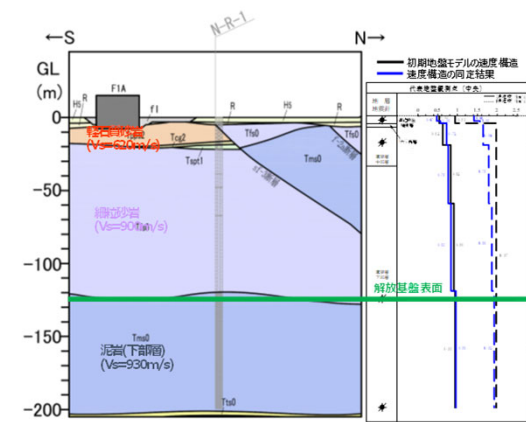
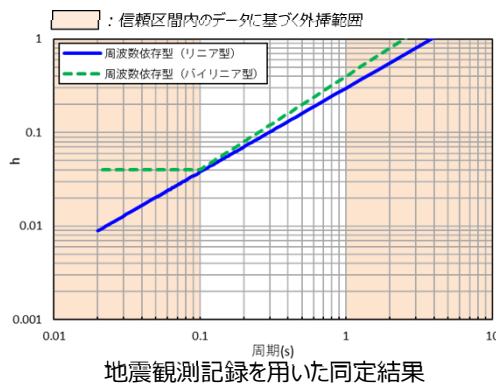


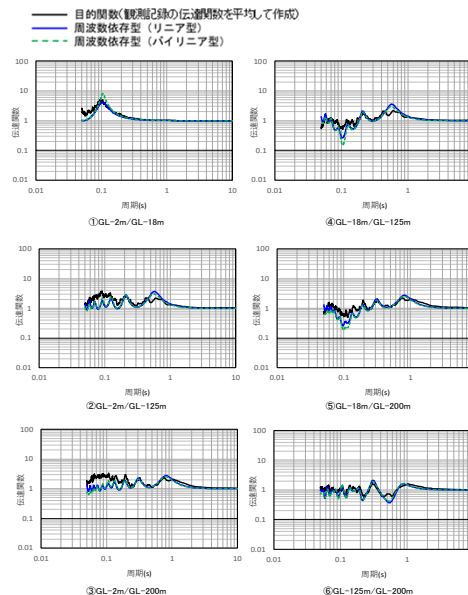
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



地震観測記録を用いた同定結果

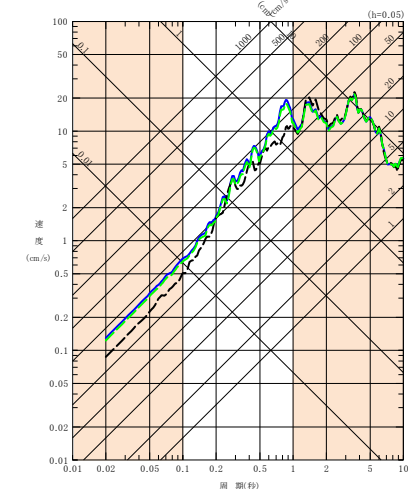
注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

: 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
— : 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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

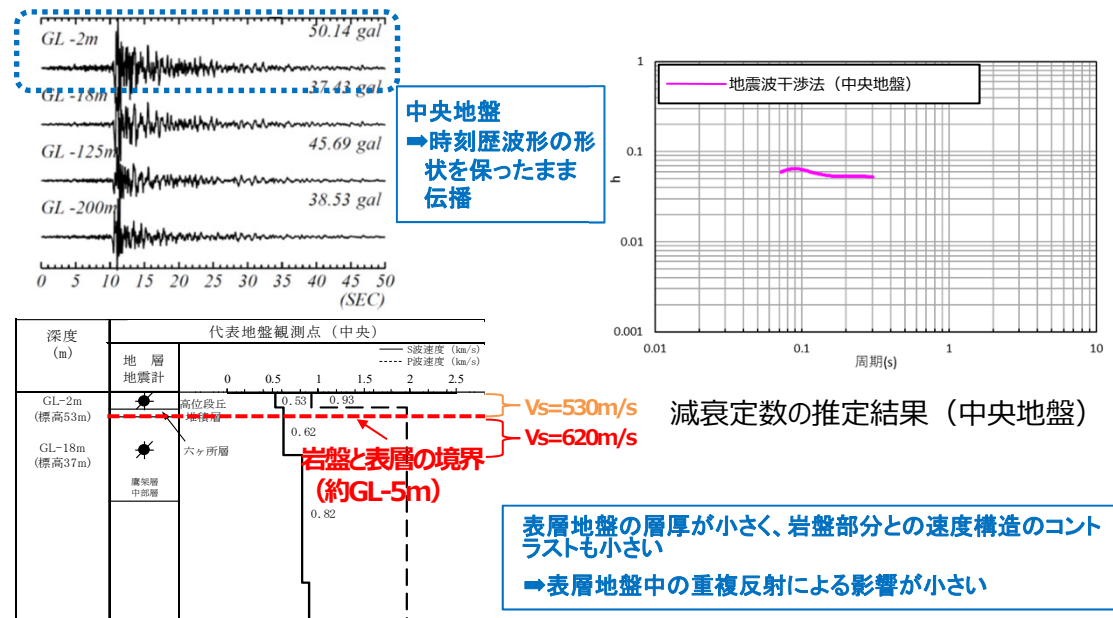
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

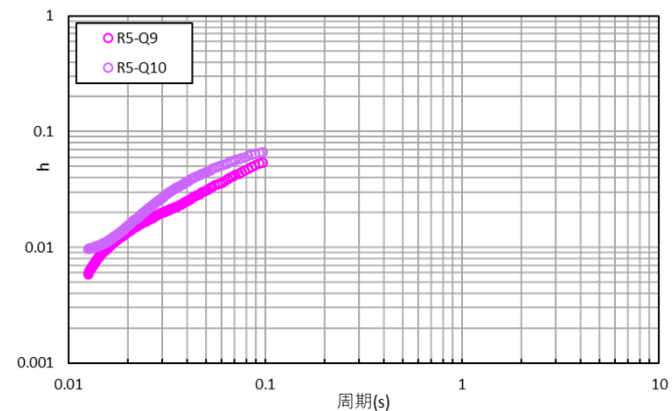
● C-4 : 地震波干渉法

- F施設周辺グループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- F施設周辺グループでは、追加データとしてR5-Q9及びR5-Q10孔におけるS波検層結果を参照。
- F施設周辺グループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、複数データで同様の傾向となっており、散乱減衰が卓越している傾向。



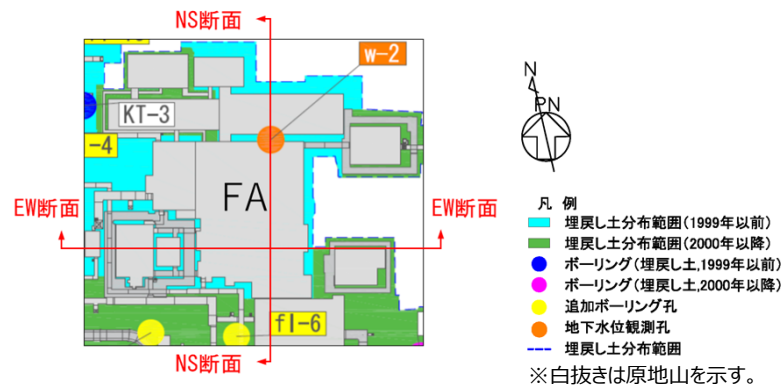
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

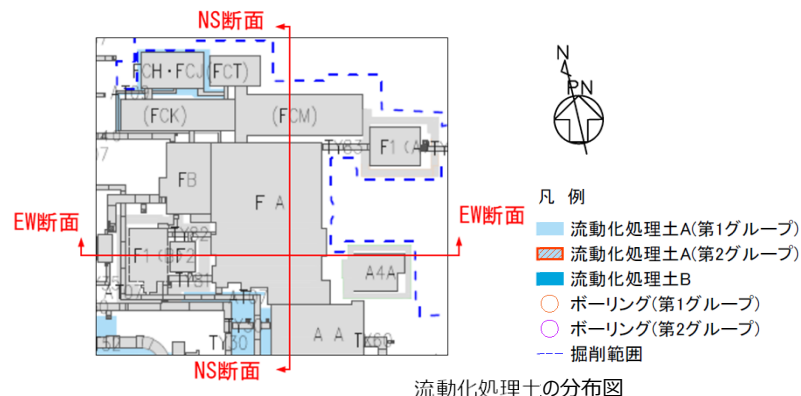
4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- F施設周辺グループの周囲は、表層地盤として1999年以前及び2000年以降に施工した埋戻し土が分布。
- また、FA建屋の東側については山留掘削となっており、埋戻し土の分布範囲は狭いものの、建屋の3方向が埋戻し土に囲まれている。
- 一部、洞道周辺等には埋戻し土より剛性の大きい流動化処理土や改良地盤等が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、「2.」において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

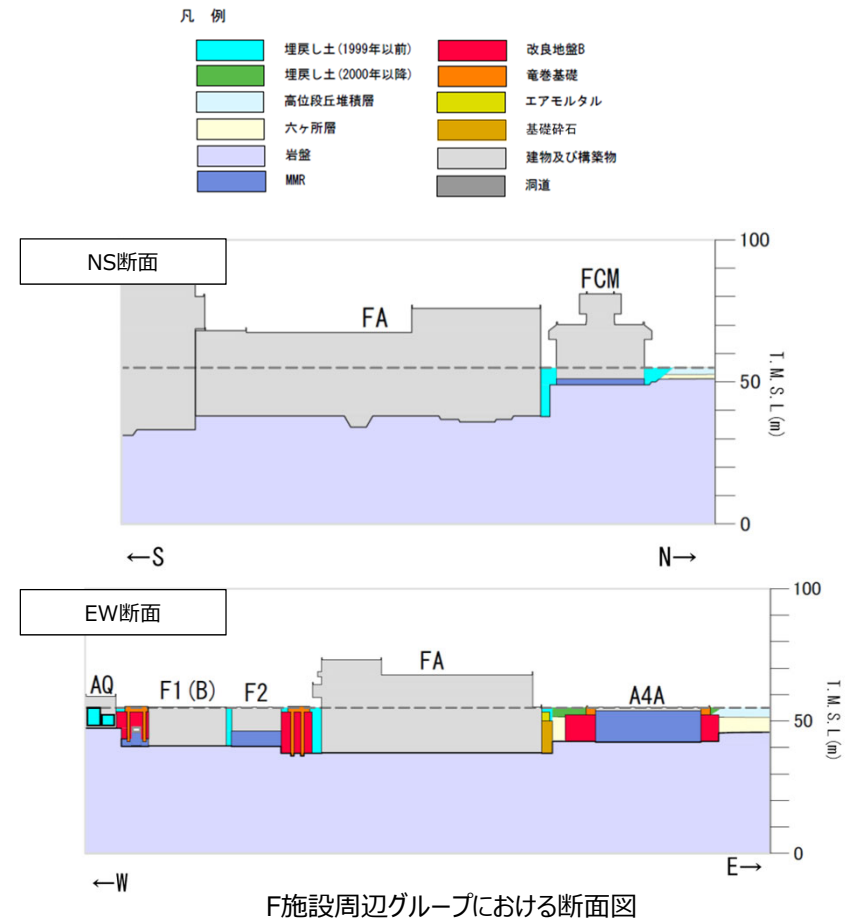


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

F施設周辺グループにおける表層分布図



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

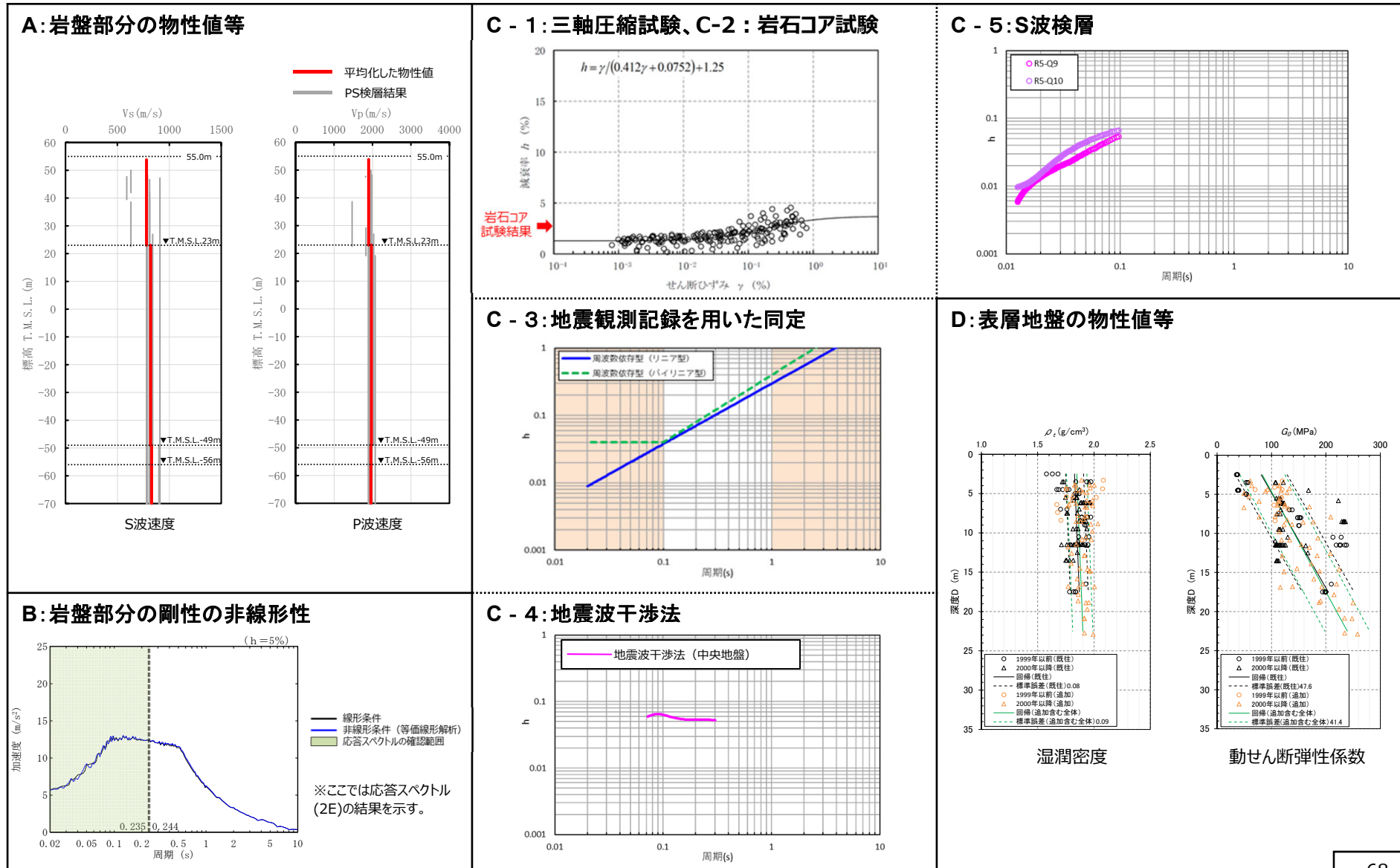
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 断層による入力地震動への影響は小さいことを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.2 F施設周辺グループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.3 AEグループ

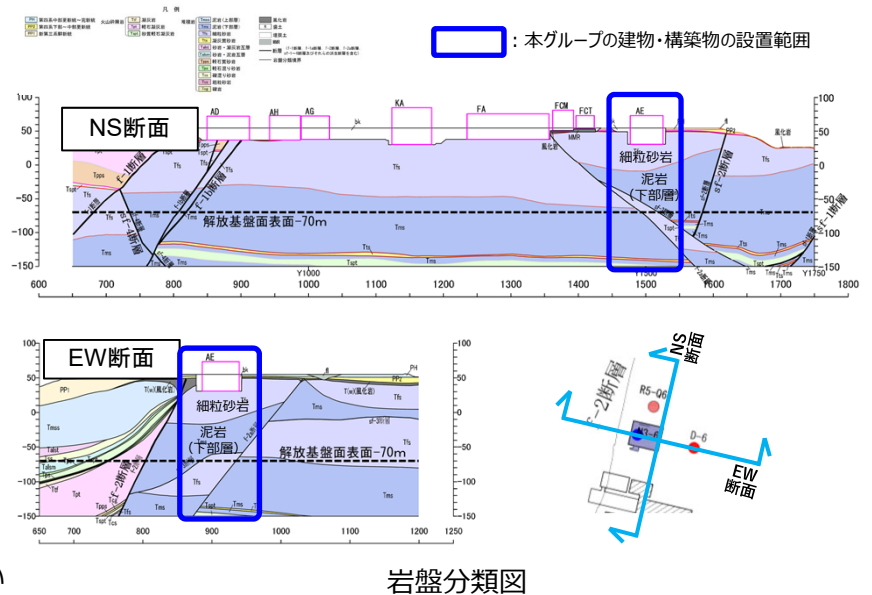
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.3 AEグループのデータ整理

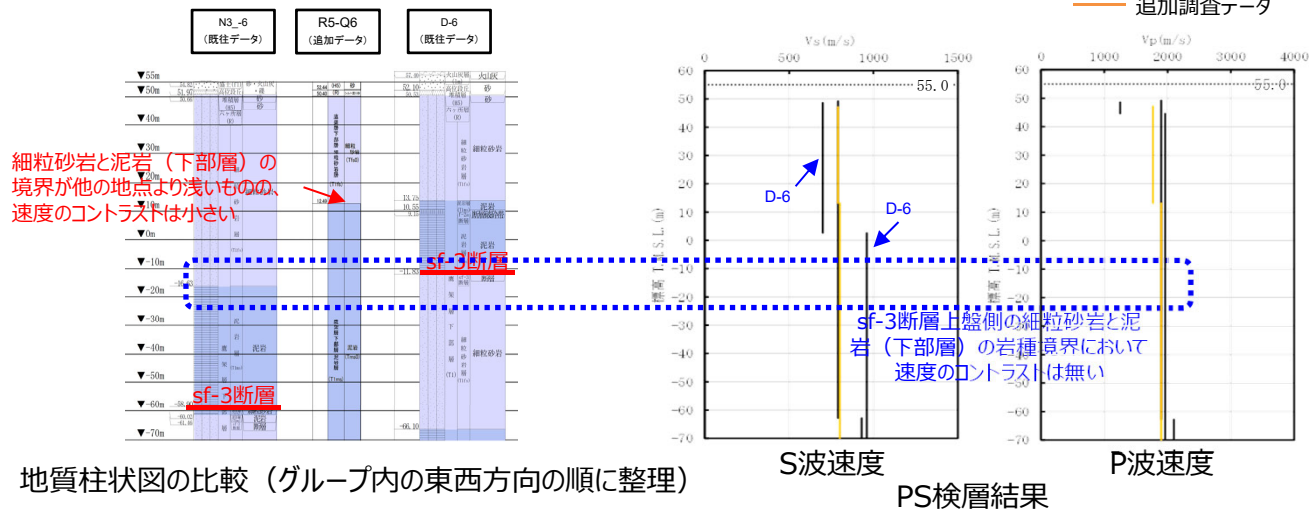
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、断層を境に上盤と下盤で地質構造の切り替わりが見られるが、AE設置範囲内の直下では地質構造に大きな変化はなく、かつ、AE直下のN3_-6孔は、断層による上盤と下盤の地質構造の変化の特徴をとらえている。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - N3_-6孔については、sf-3断層上盤側の細粒砂岩及び泥岩 (下部層) の岩種境界において速度のコントラストは無いことを確認。
 - R5-Q6孔については、細粒砂岩と泥岩 (下部層) の岩種境界深さがN3_-6孔よりも浅いものの、その境界における速度のコントラストは小さいことを確認。
 - D-6孔については、泥岩 (下部層) と細粒砂岩の境界にsf-3断層が分布する傾向がN3_-6孔と同様であり、T.M.S.L.12m程度に泥岩 (下部層) の上面レベルを有する特徴がR5-Q6孔と同様であることを確認。
 - D-6孔については、T.M.S.L.2mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られており、深部では他の孔と比較してS波速度が大きいデータが得られているが、他の孔位置との地質構造の差は無いことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



岩盤分類図



地質柱状図の比較 (グループ内の東西方向の順に整理)

PS検層結果

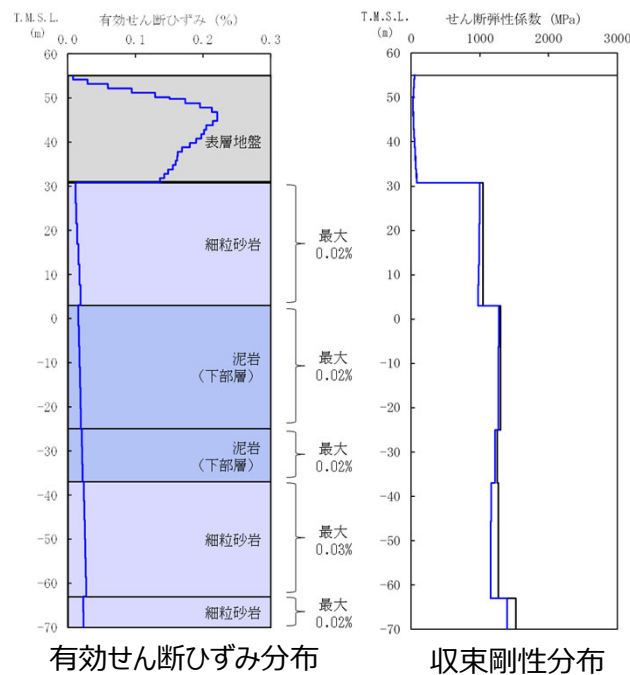
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.3 AEグループのデータ整理

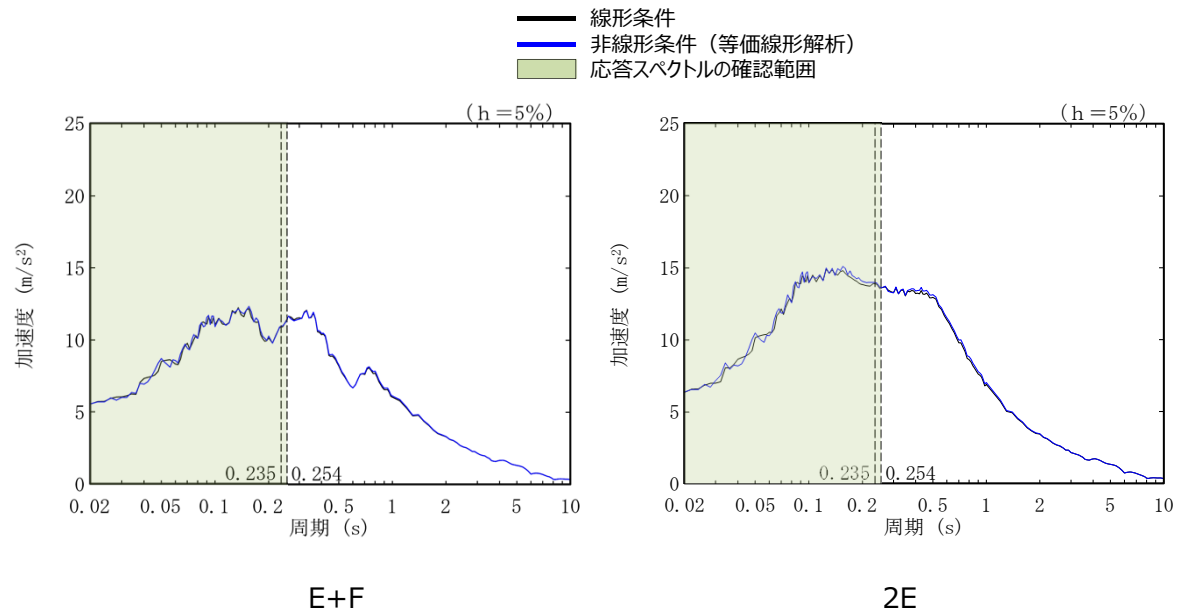
■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果 (AE)



注記：縦点線はAEの一次固有周期 (NS方向及びEW方向) を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (AE)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.3 AEグループのデータ整理

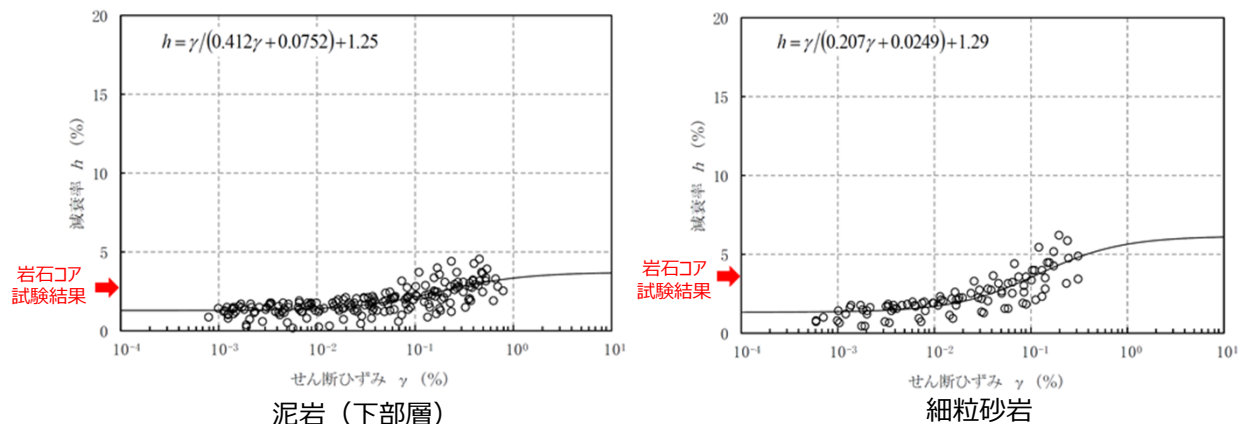
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- AEグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- AEグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.3 AEグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- AEグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

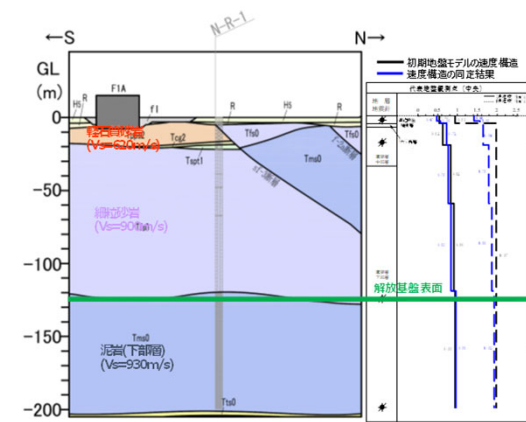
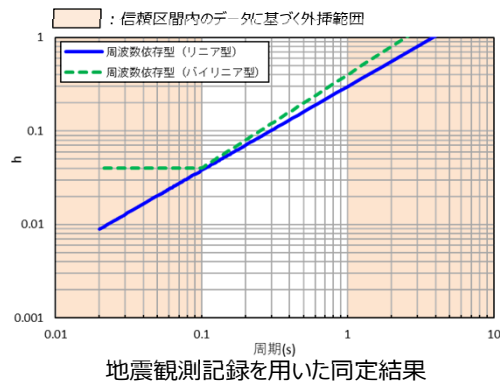
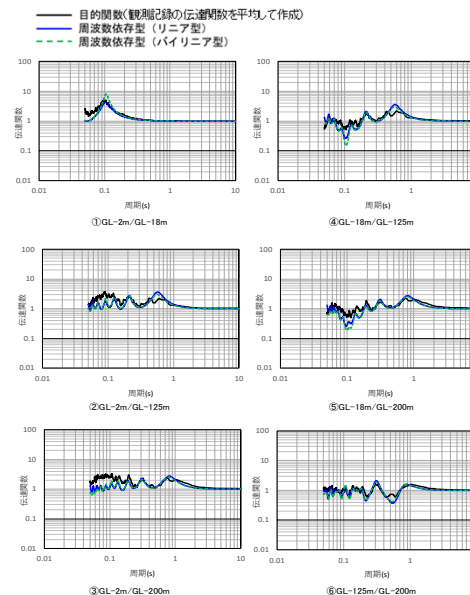


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果

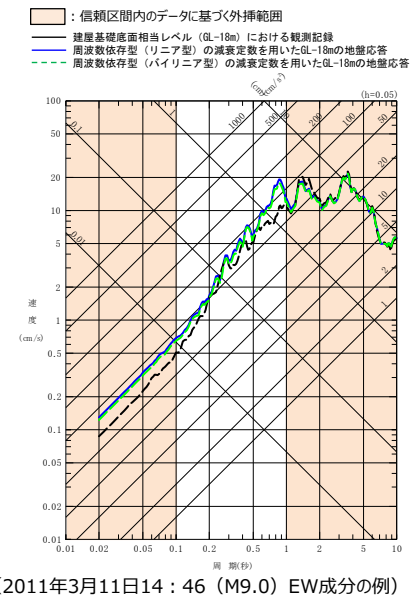


注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤(ほか(2006))においては周期1s以上の長周期側を解析対象としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

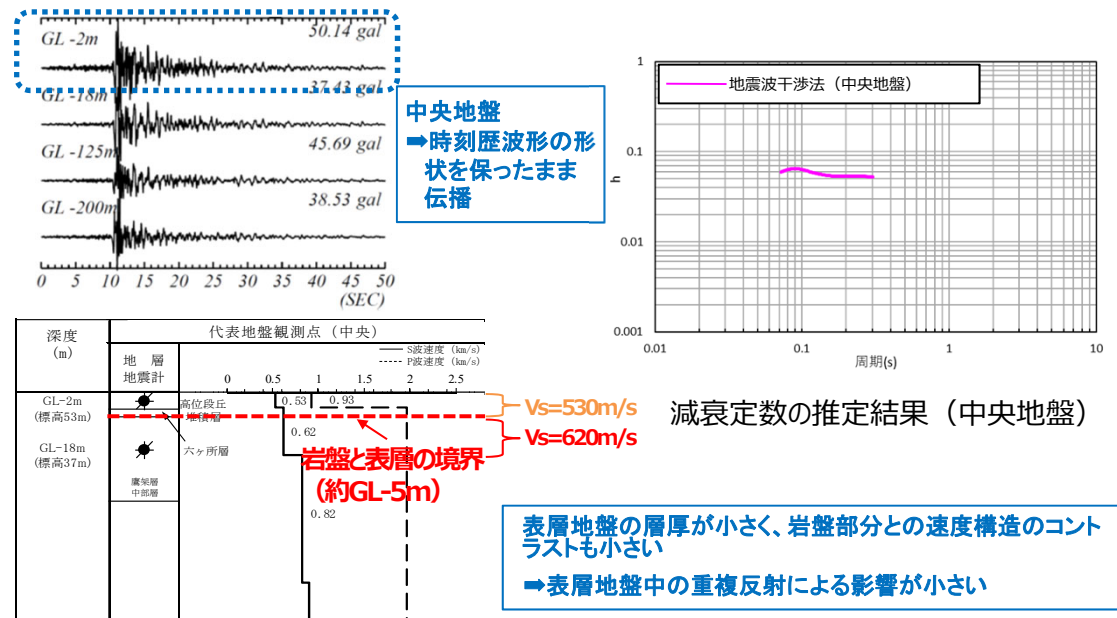
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.3 AEグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

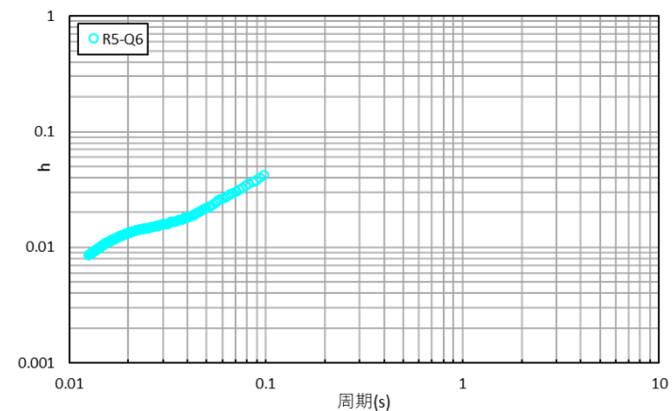
● C-4 : 地震波干渉法

- AEグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- AEグループでは、R5-Q6孔におけるS波検層結果を参照。
- AEグループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



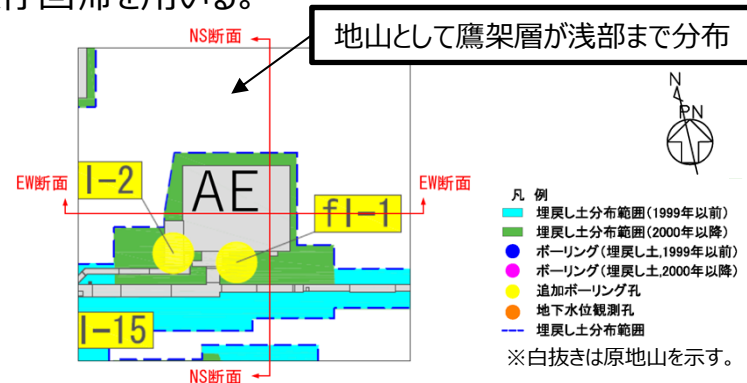
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

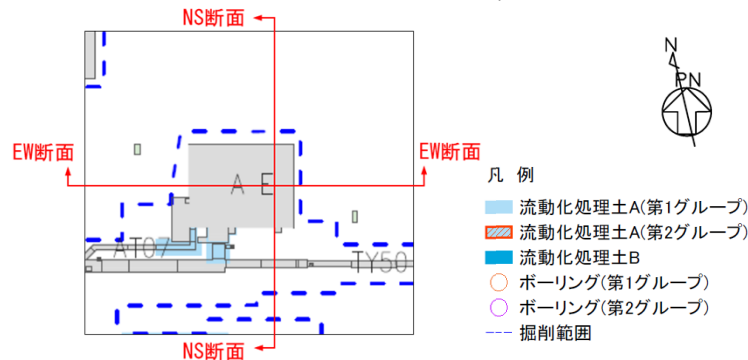
4.3 AEグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- AEグループの周囲は、表層地盤として1999年以前及び2000年以降に施工した埋戻し土が分布。
- また、AE建屋の南側を除き埋戻し土の外周には、埋戻し土よりも剛性の大きい地山（岩盤）が浅部まで分布。
- 一部、洞道周辺等には埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

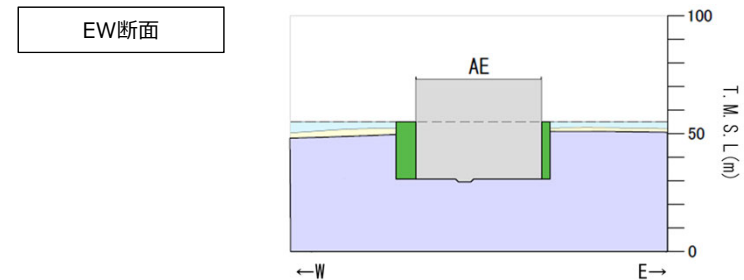
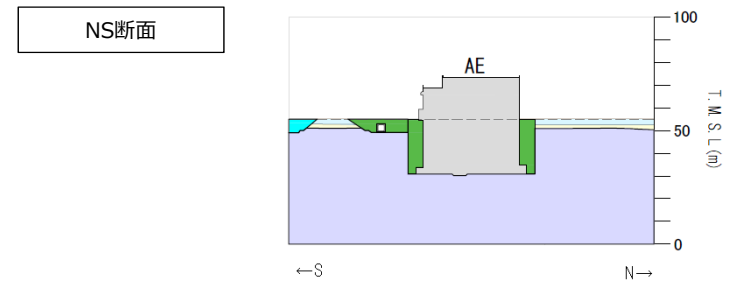
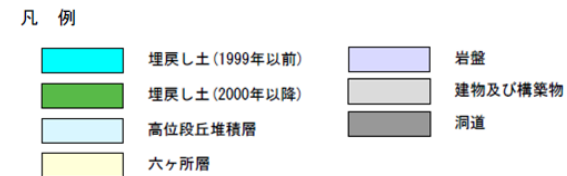


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

AEグループにおける表層分布図



AEグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.3 AEグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

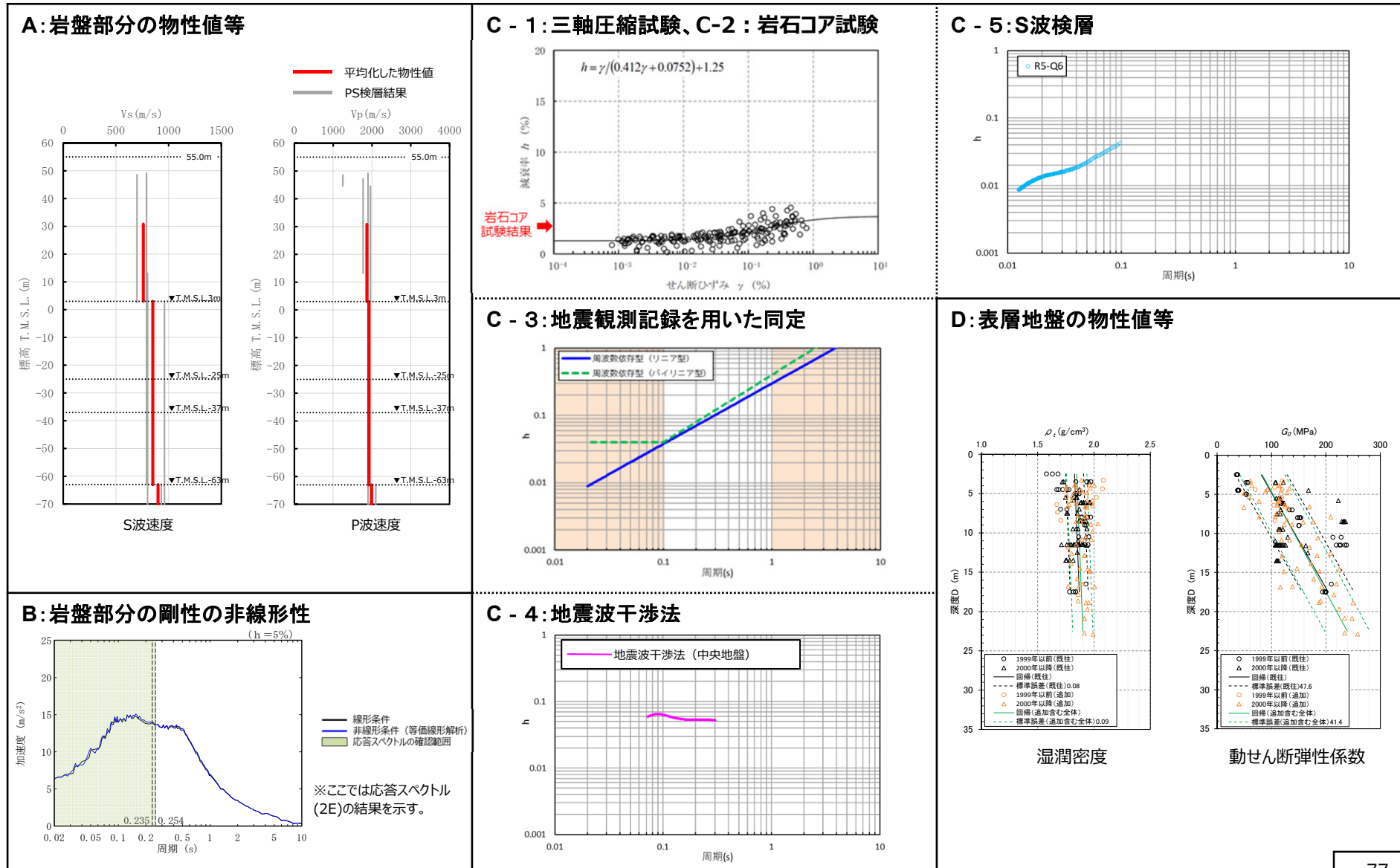
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土、流動化処理土及び鷹架層が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.3 AEグループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.4 AGグループ

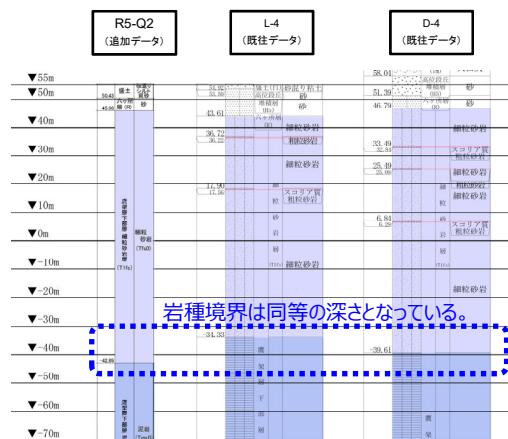
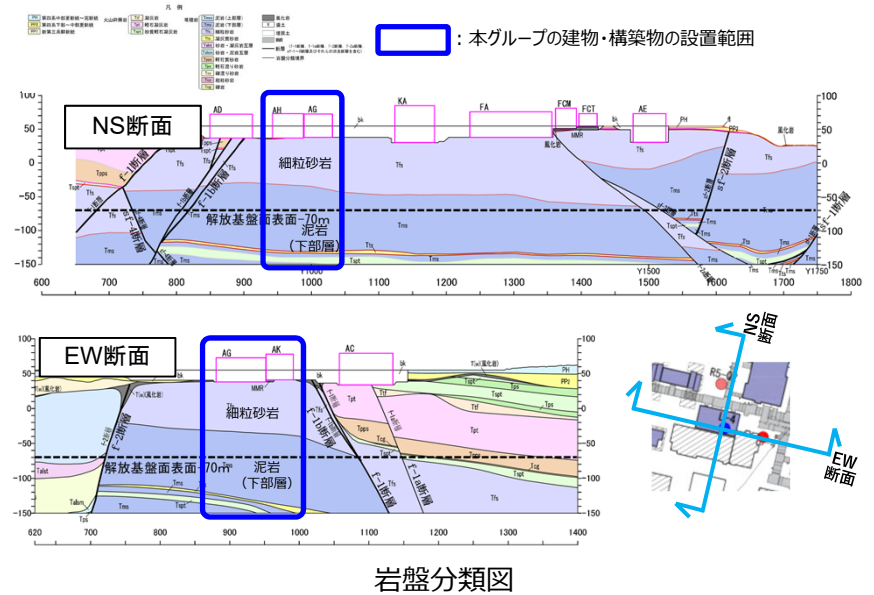
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.4 AGグループのデータ整理

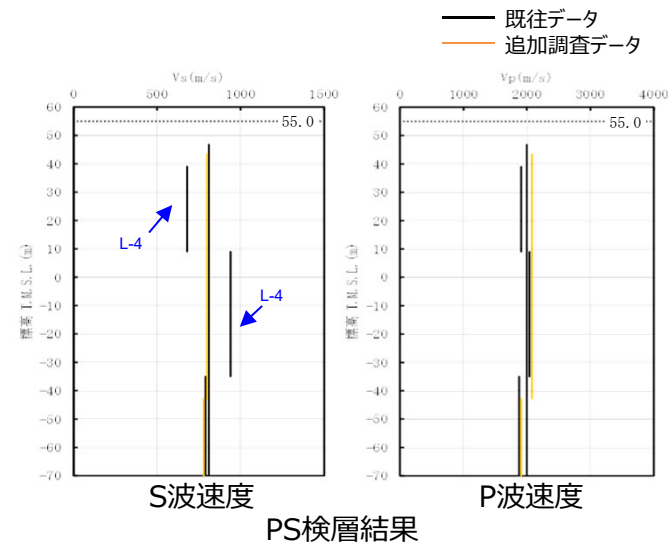
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - L-4孔、D-4孔、R5-Q2孔のいずれについても、岩種境界は同等の深さとなっていることを確認。
 - L-4孔については、T.M.S.L.9mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られており、深部では他の孔と比較してS波速度が大きいデータが得られているが、他の孔位置との地質構造の差は無いことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



地質柱状図の比較 (グループ内の東西方向の順に整理)



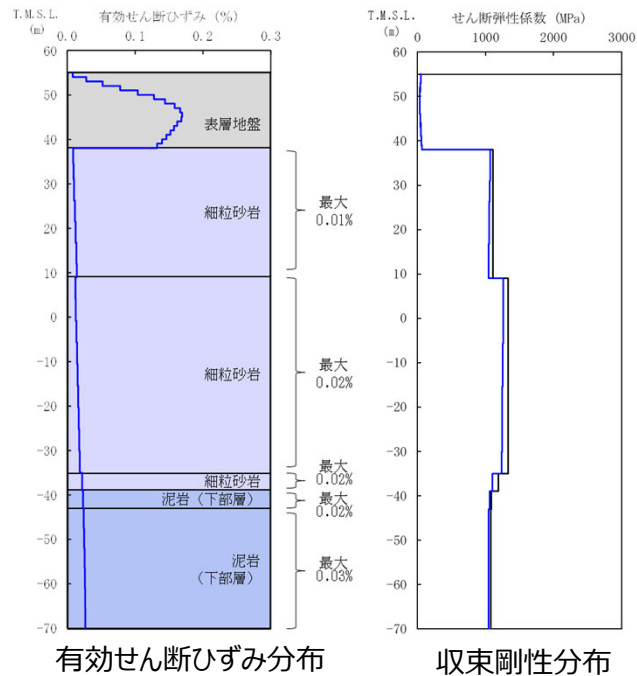
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.4 AGグループのデータ整理

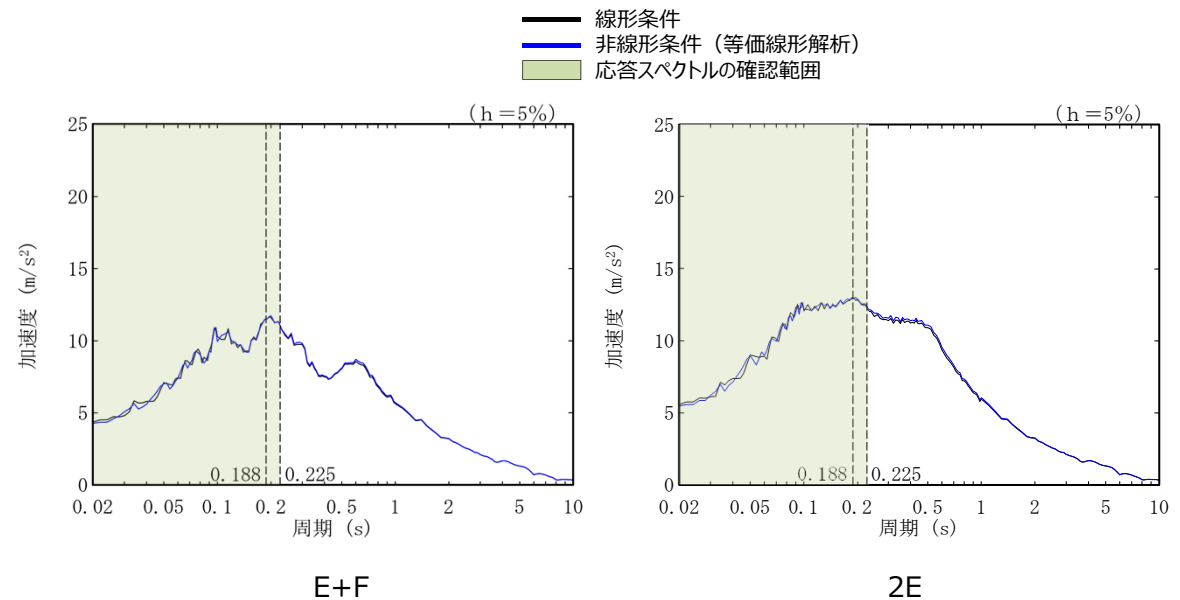
■ B. 岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果（AG）



注記：縦点線はAGの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較（AG）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.4 AGグループのデータ整理

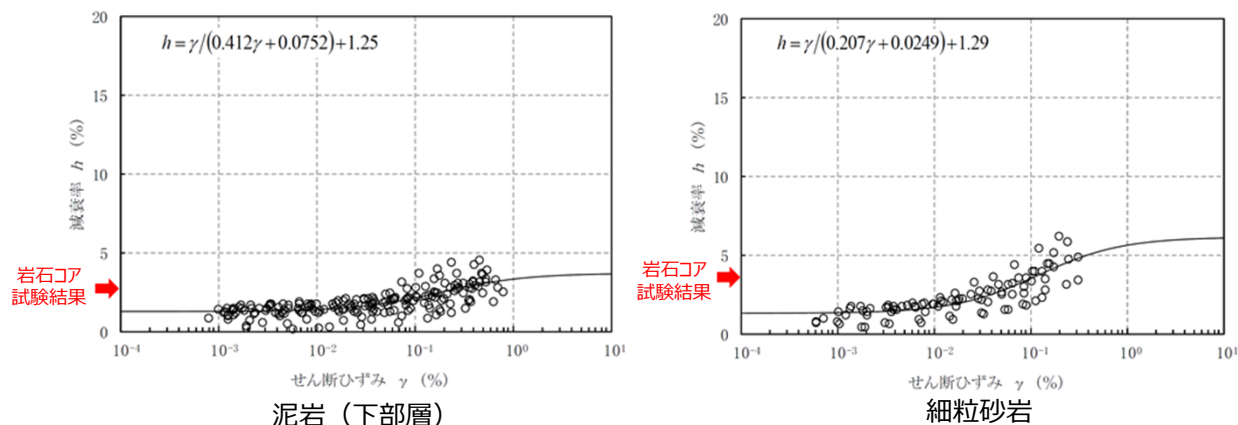
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- AGグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- AGグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.4 AGグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3 : 地震観測記録を用いた同定

- AGグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

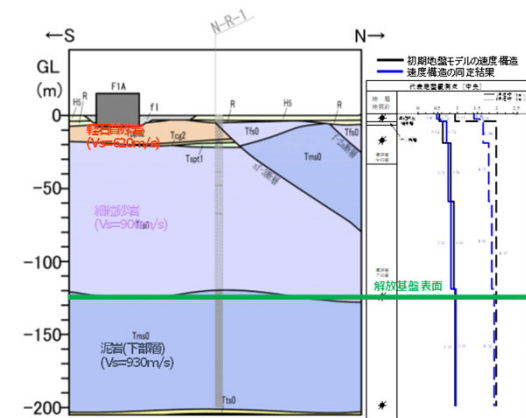
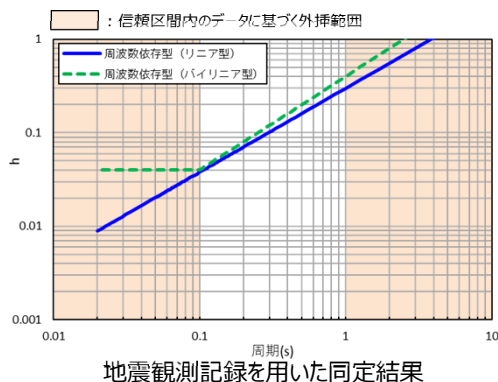
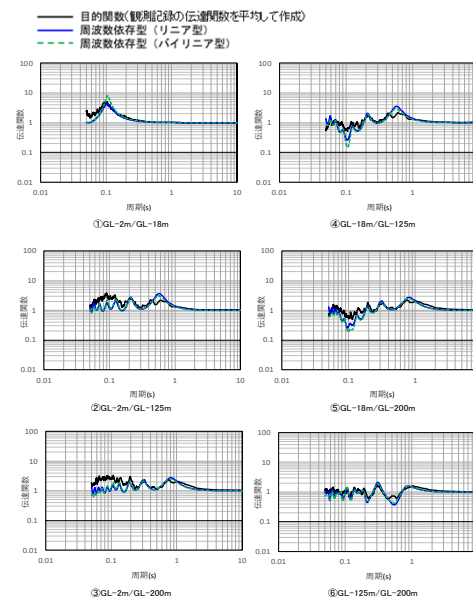


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



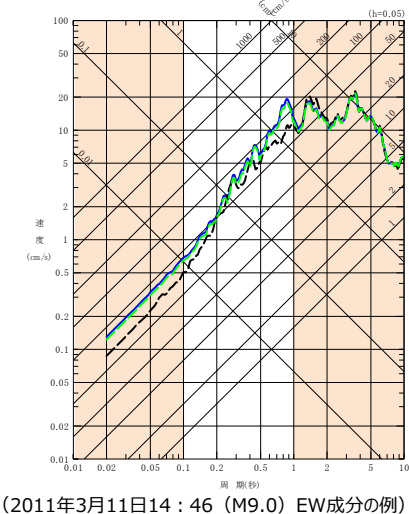
注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

- : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
- : 建物基礎面相当レベル (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



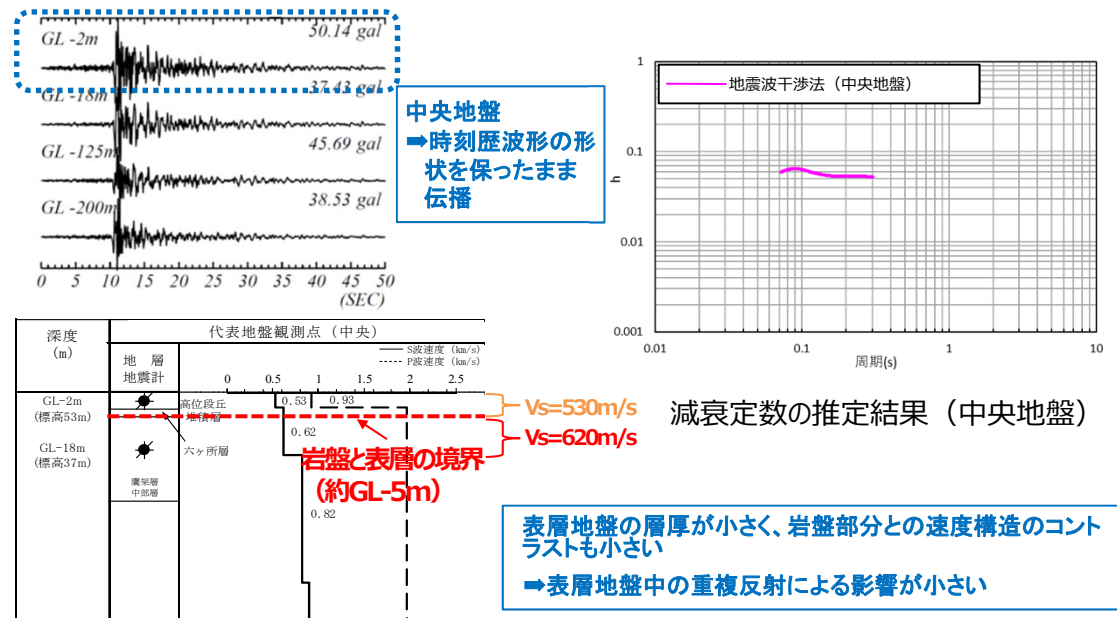
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.4 AGグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

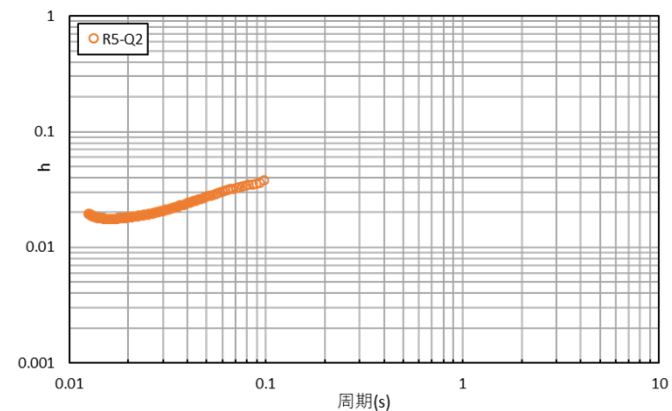
● C-4 : 地震波干渉法

- AGグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- AGグループでは、R5-Q2孔におけるS波検層結果を参照。
- AGグループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



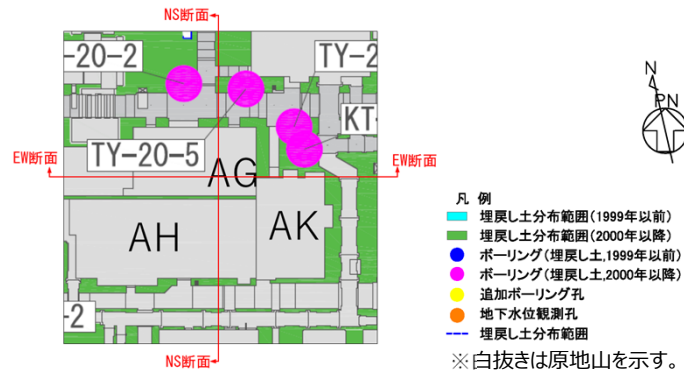
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

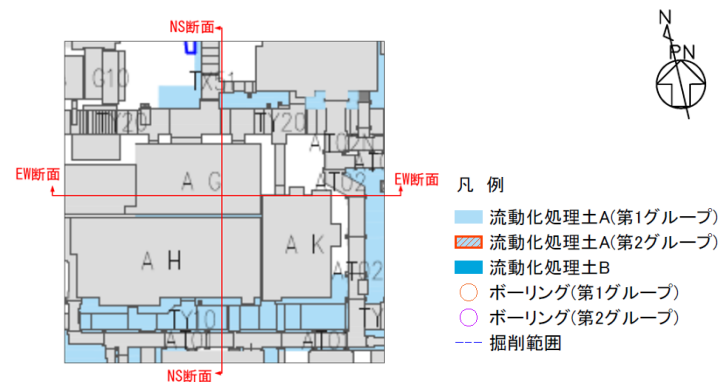
4.4 AGグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- AGグループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が全周に広く分布。
- また、洞道周辺等には埋戻し土より剛性の大きい流動化処理土及び改良地盤が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

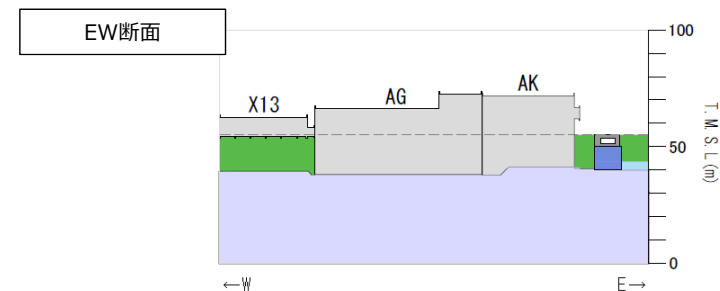
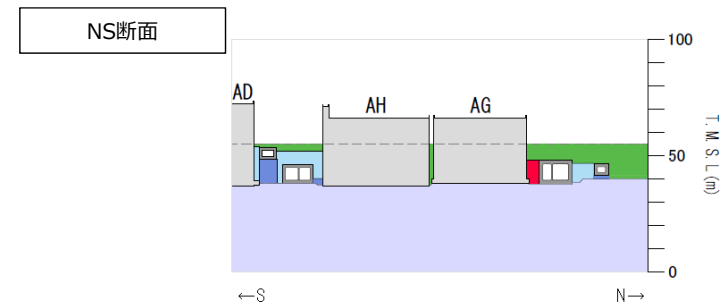
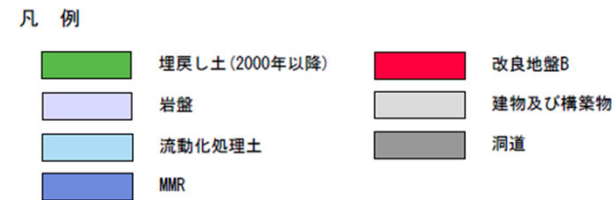


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

AGグループにおける表層分布図



AGグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.4 AGグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

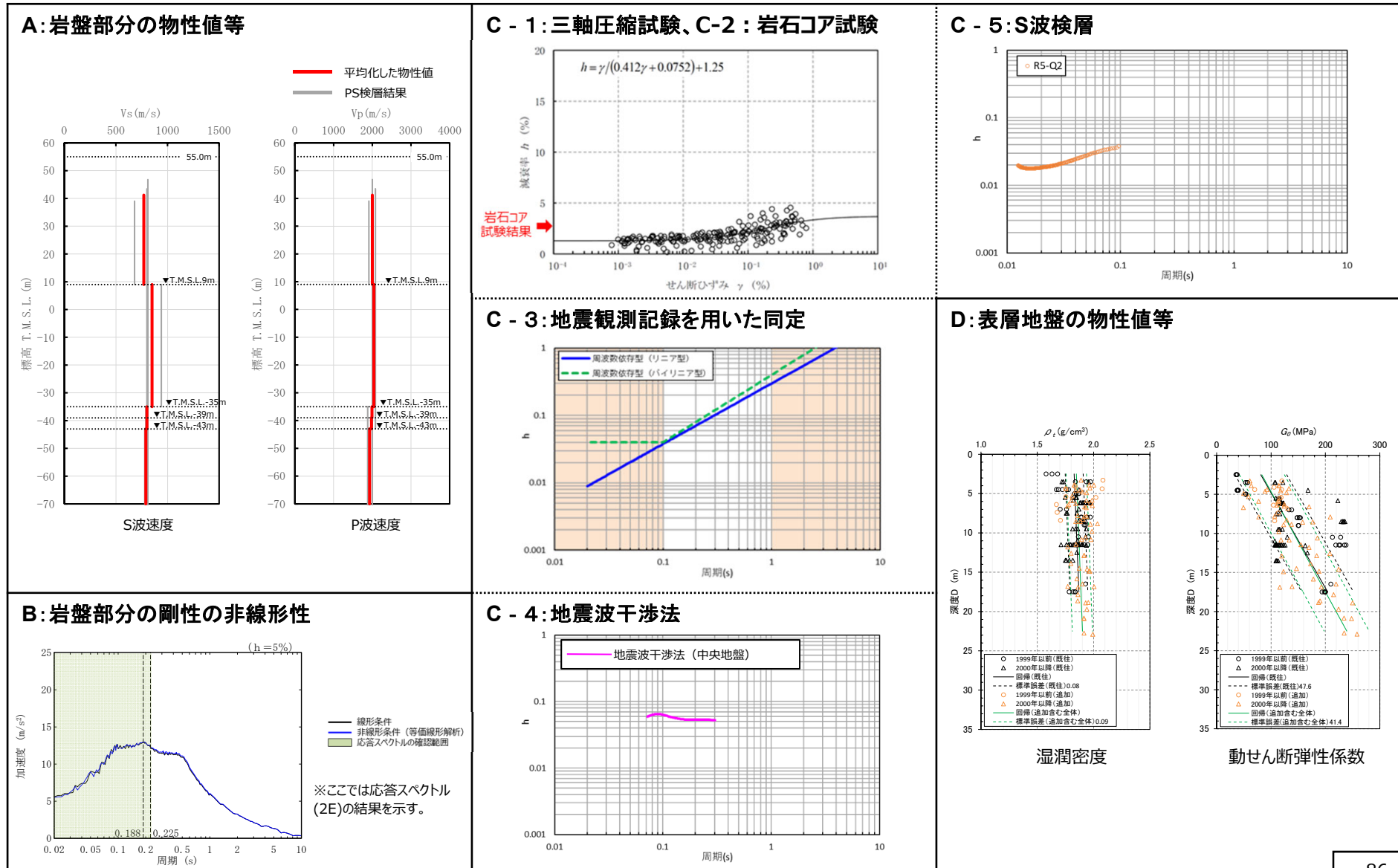
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.4 AGグループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.5 GAグループ

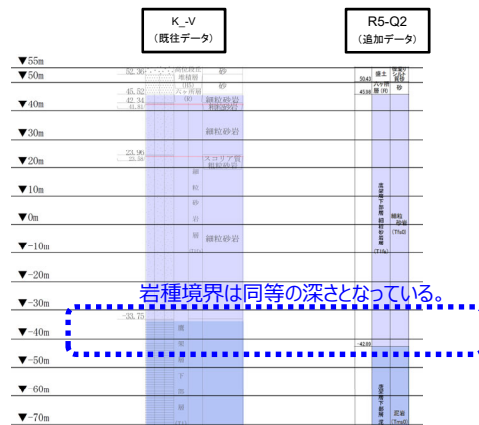
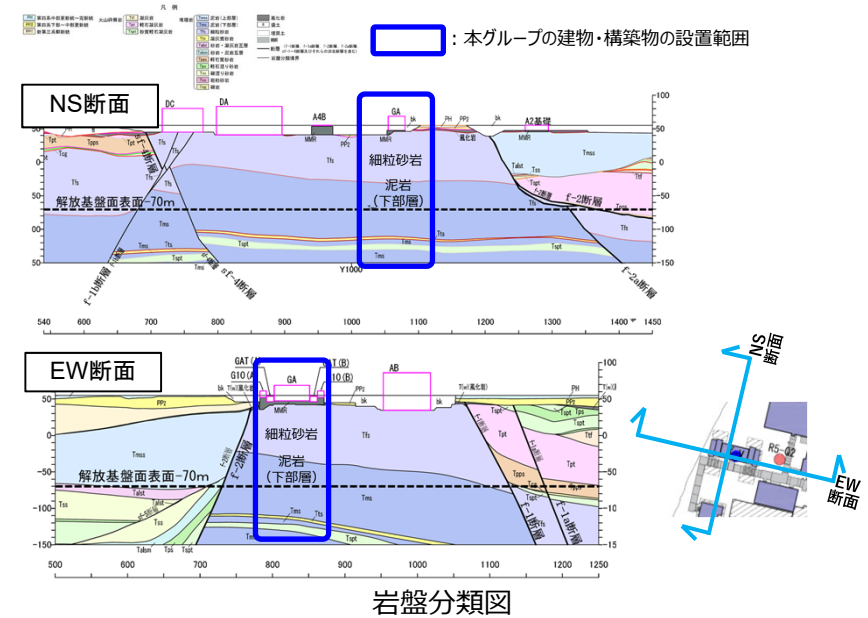
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.5 GAグループのデータ整理

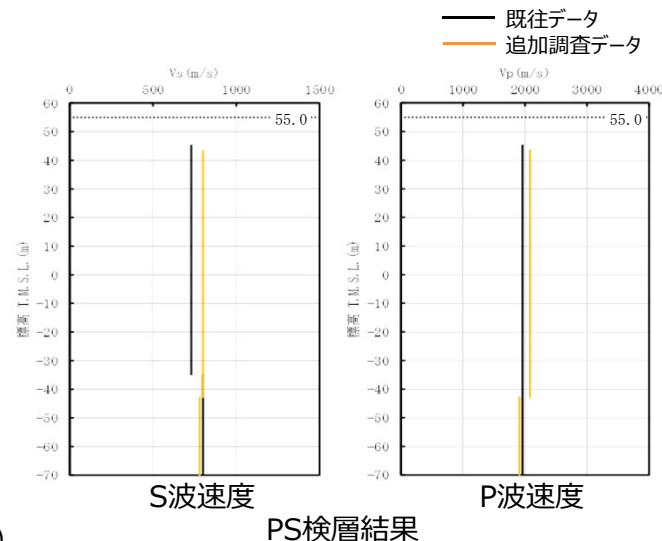
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - K_V孔、R5-Q2孔のいずれについても、岩種境界は同等の深さとなっていることを確認。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



地質柱状図の比較 (グループ内の東西方向の順に整理)



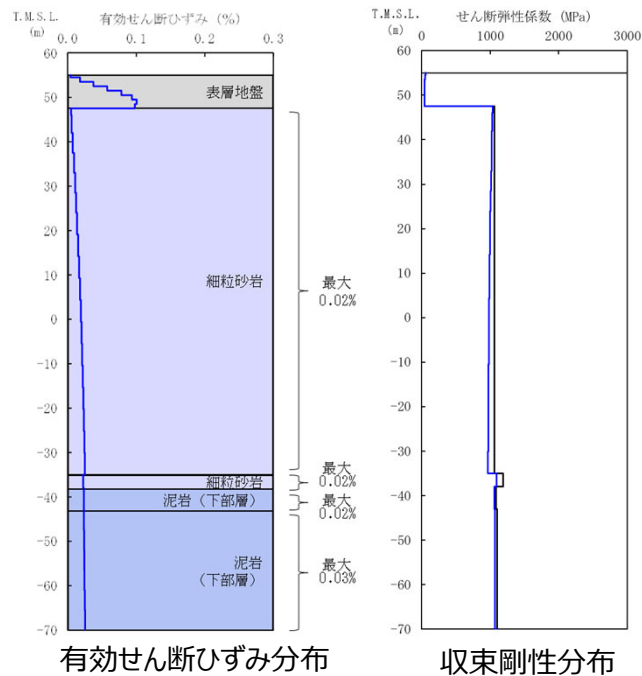
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.5 GAグループのデータ整理

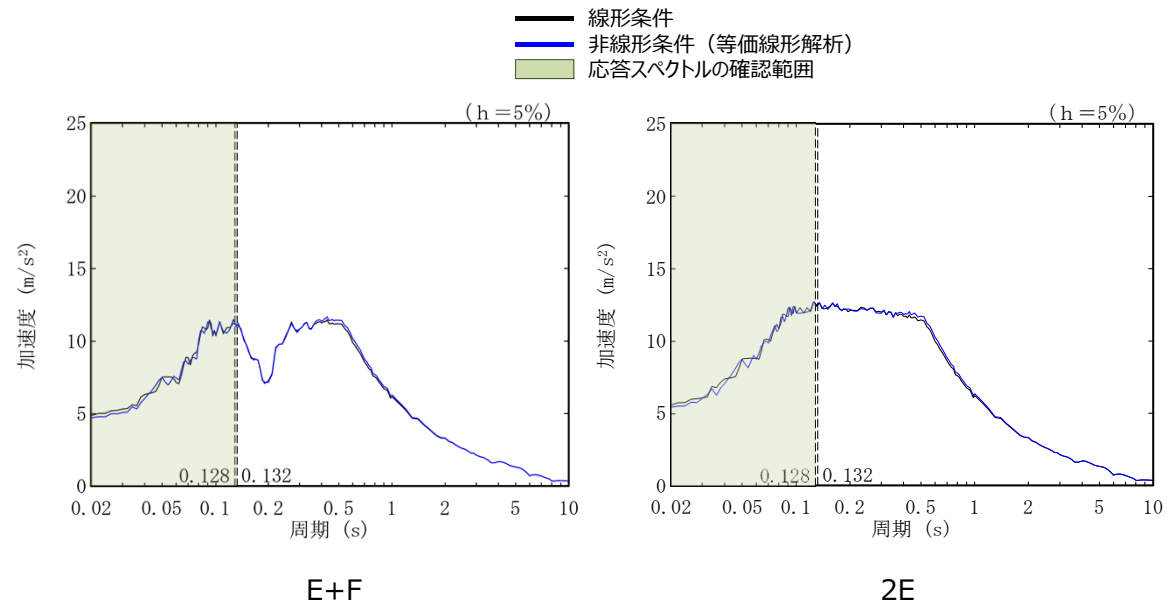
■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果（GA）



注記：縦点線はGAの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較（GA）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.5 GAグループのデータ整理

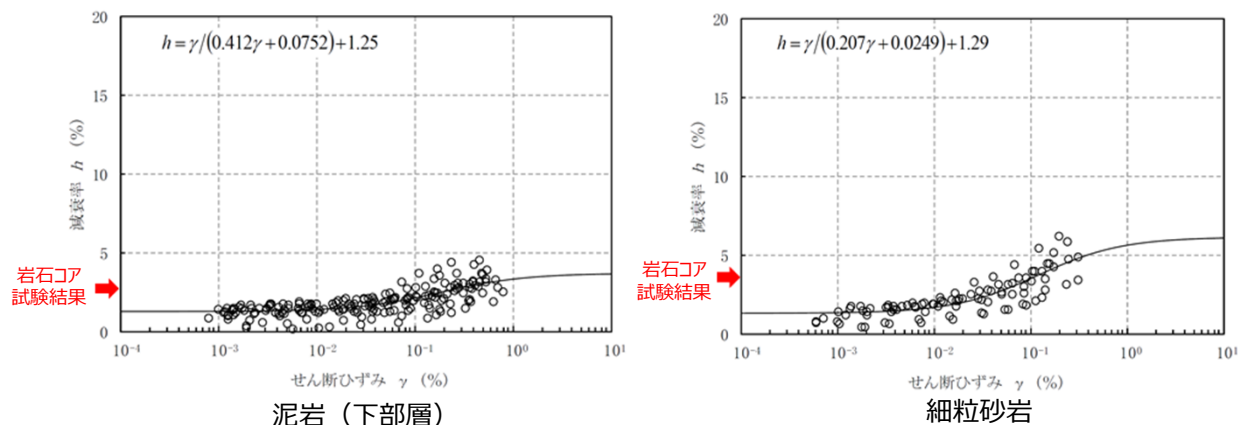
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- GAグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- GAグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.5 GAグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3 : 地震観測記録を用いた同定

- GAグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

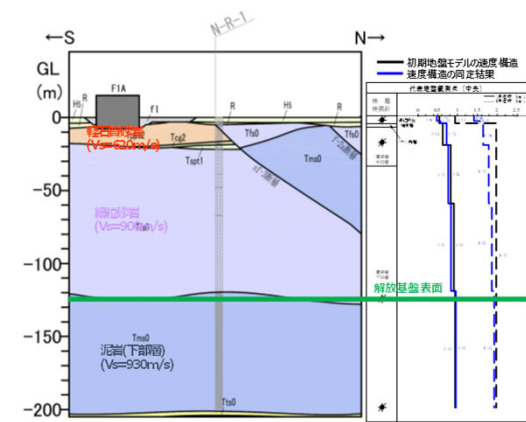
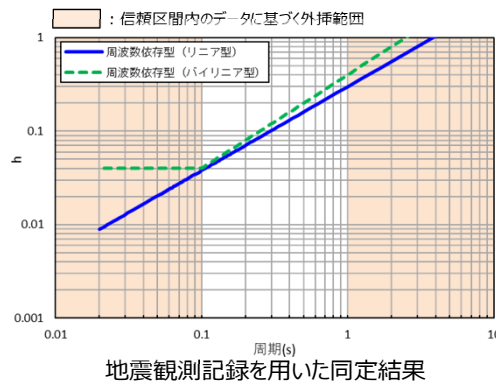
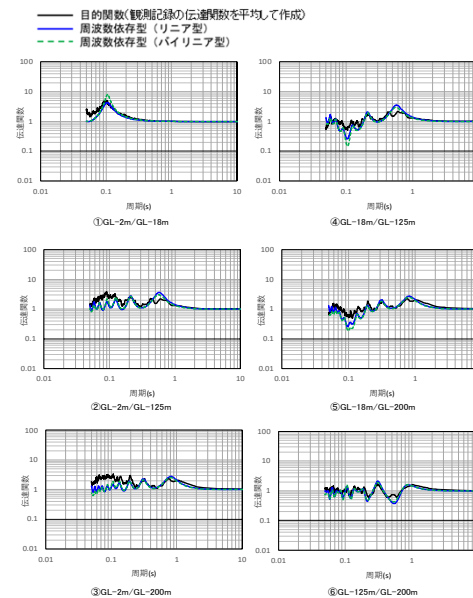


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果

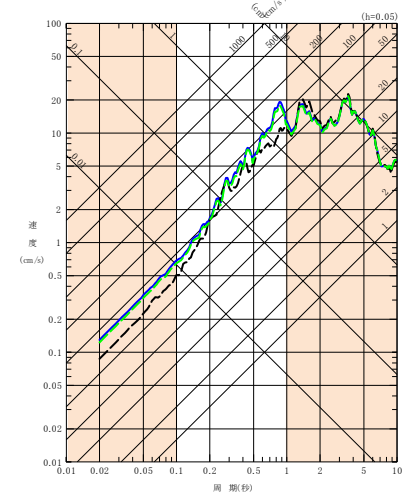


地震観測記録を用いた同定結果



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

- : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
- : 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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。

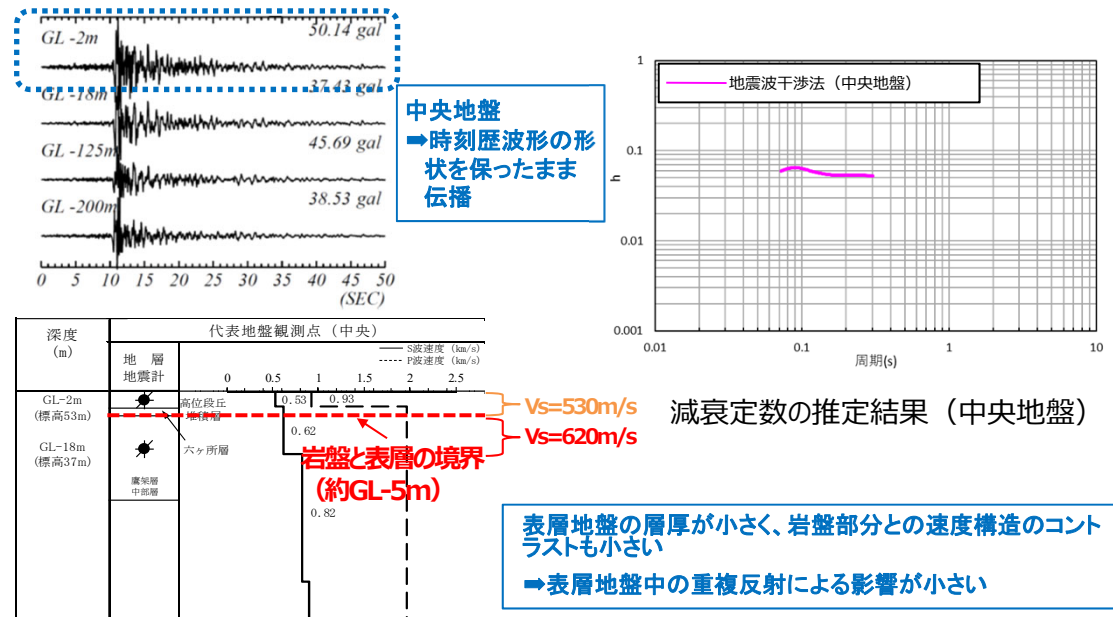
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.5 GAグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

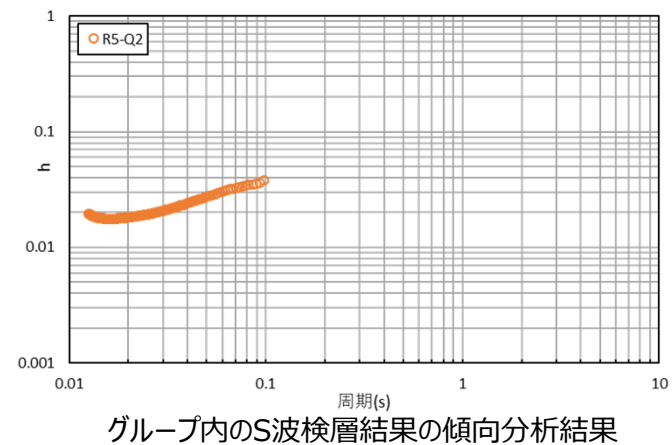
● C-4 : 地震波干渉法

- GAグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- GAグループでは、R5-Q2孔におけるS波検層結果を参照。
- GAグループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。

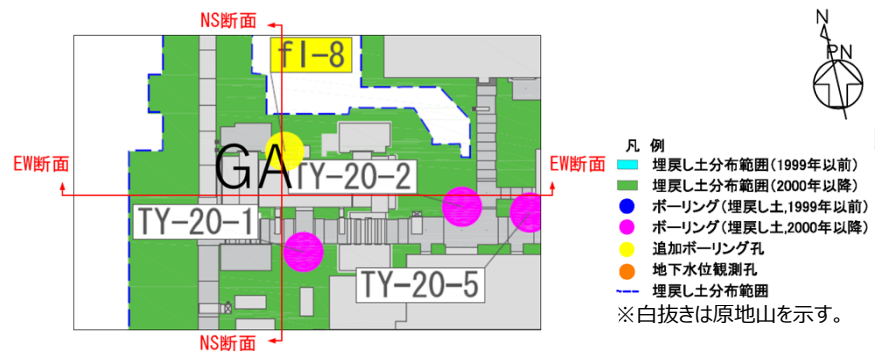


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

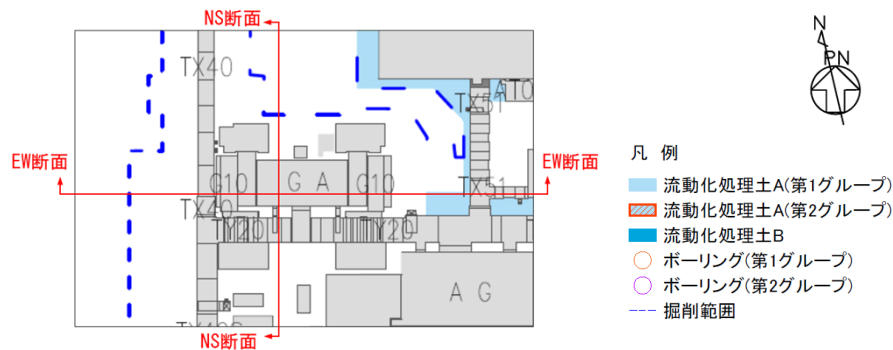
4.5 GAグループのデータ整理

■ D.表層地盤の物性値等

- GAグループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が全周に広く分布。
- また、洞道周辺には埋戻し土より剛性の大きい改良地盤が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

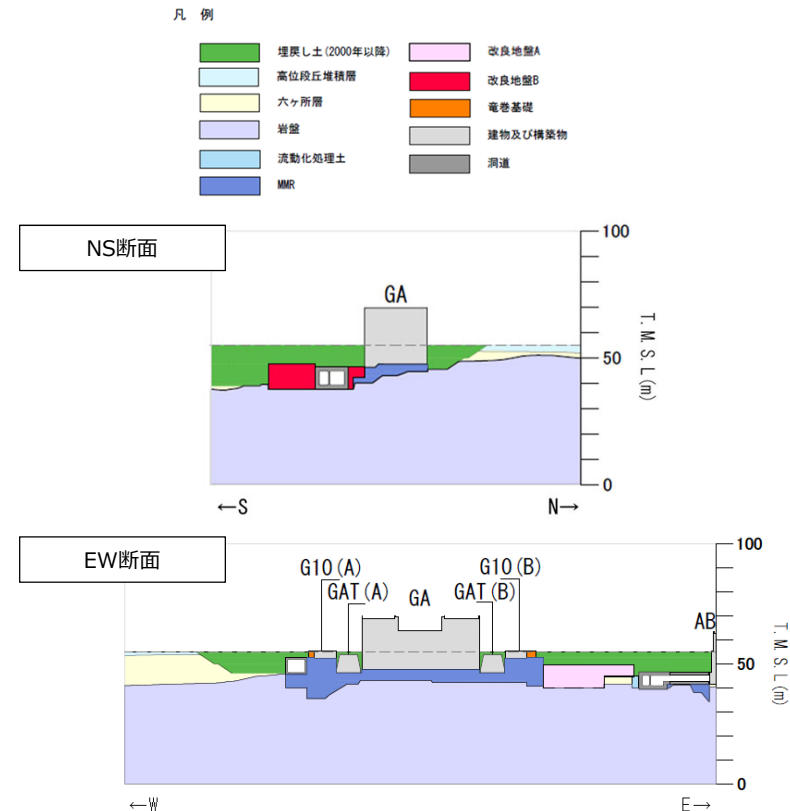


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

GAグループにおける表層分布図



GAグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.5 GAグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

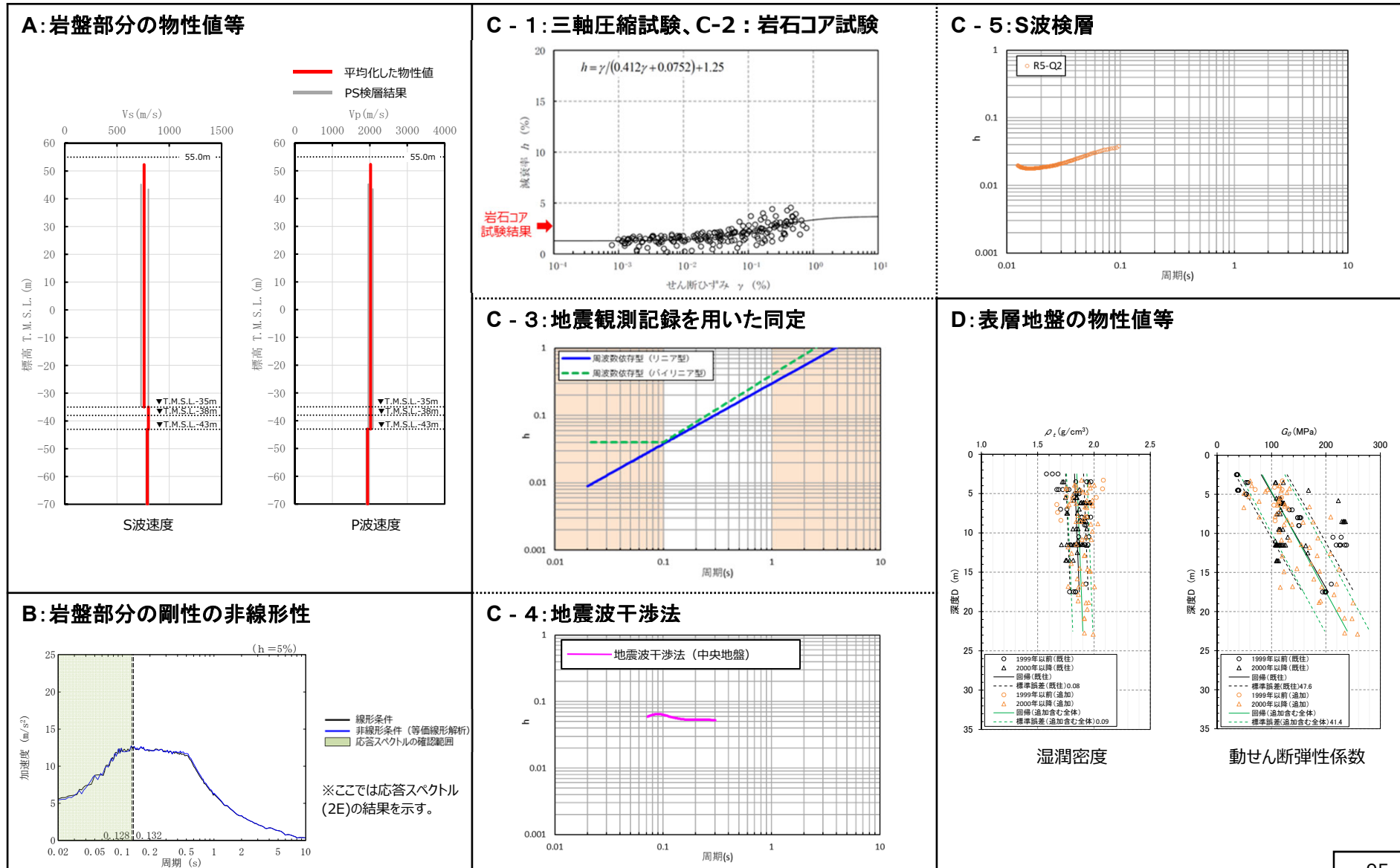
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G_0 - γ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土が全周に広く分布していることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.5 GAグループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.6 DCグループ

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.6 DCグループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

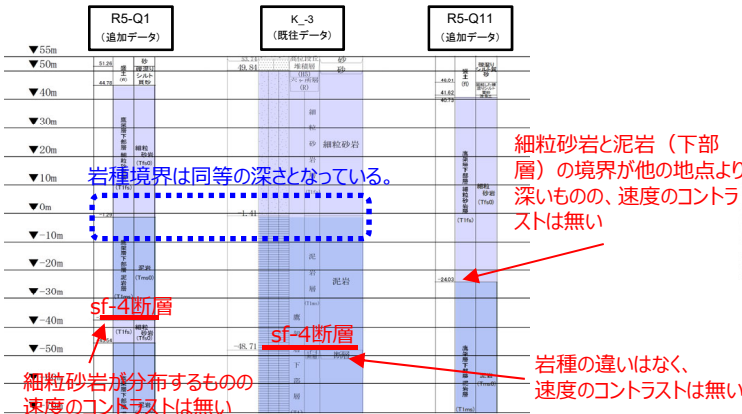
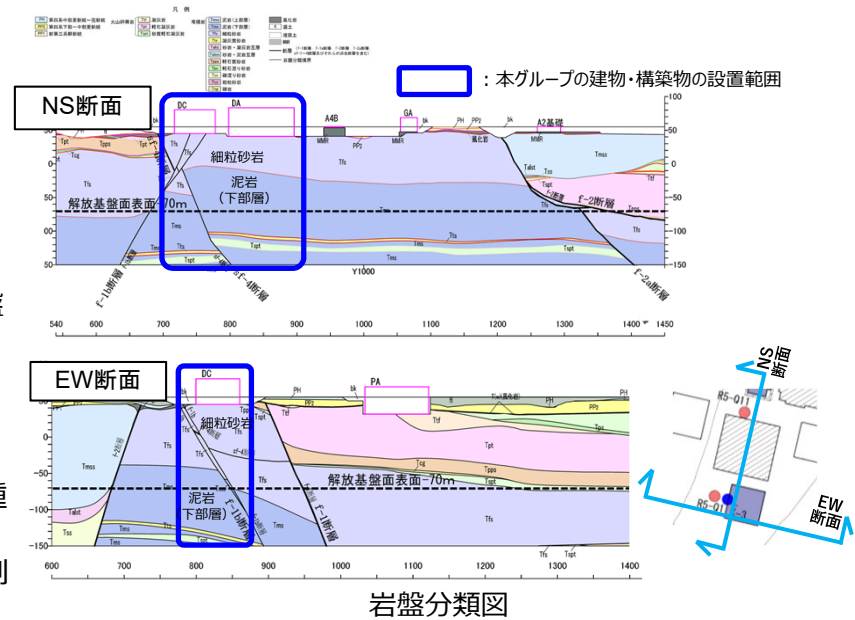
● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

▶ 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。

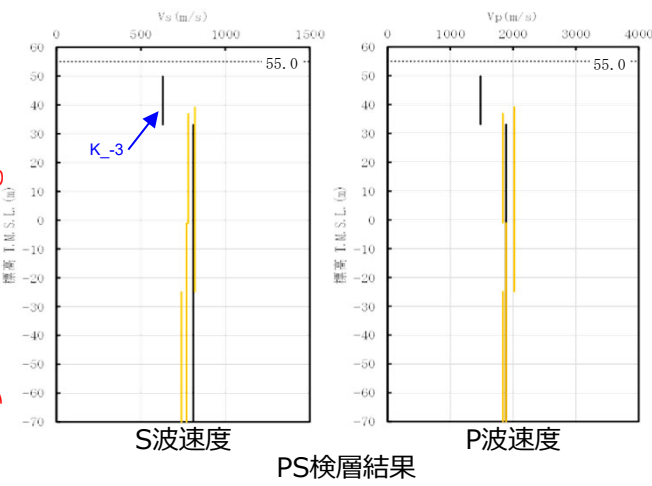
▶ PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。

- K_-3孔については、sf-4断層による岩種の違いはなく、速度のコントラストは無いことを確認。また、sf-4断層上盤側の細粒砂岩及び泥岩 (下部層) の岩種境界において、速度のコントラストは無いことを確認。
- R5-Q1孔については、sf-4断層を境に泥岩 (下部層) の下層に細粒砂岩が分布するものの、当該岩種境界で速度のコントラストは無いことを確認。また、断層の上盤側においては、K_-3孔と岩種境界の深さが同等となっていることを確認。
- R5-Q11孔の細粒砂岩と泥岩 (下部層) の岩種境界は、K_-3孔及びR5-Q1孔と比較し、深部に分布するが、速度のコントラストは小さいことを確認。
- K_-3孔については、T.M.S.L.30mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られているが、他の孔位置との地質構造の差は無いことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。

▶ 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。さらに、DCについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認する。



地質柱状図の比較 (グループ内の東西方向の順に整理)



PS検層結果

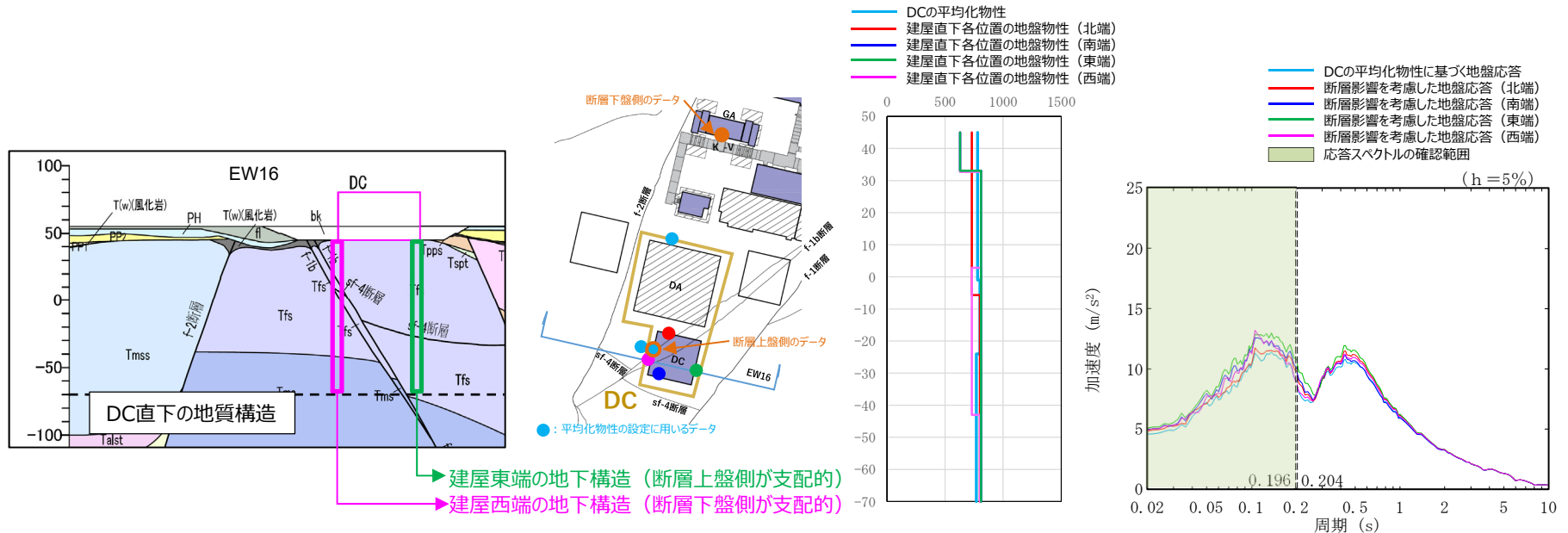
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

● 断層等の影響により、グループ内で地質構造が異なる場合の地盤応答への影響（DCグループ）

- DCについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認。
- 応答スペクトル形状はDCグループの平均化物性に基づく地盤応答（図中●）と、建屋直下各位置の地盤応答（図中●、●、●、●）の傾向は、同様となっていることから、断層による地盤応答への影響は小さいと考えられるものの、応答スペクトルの振幅については差が生じている。
- 直下に断層があるDCについては、断層による影響が否定できず、東端位置（図中●）の地盤応答において、1次固有周期より短周期側で差が生じていることから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。



DC直下に存在する断層による地下構造の不連続性（東西断面の例）

DC直下各位置の速度構造

注記：縦点線はDCの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。
基礎底面レベルの応答スペクトル

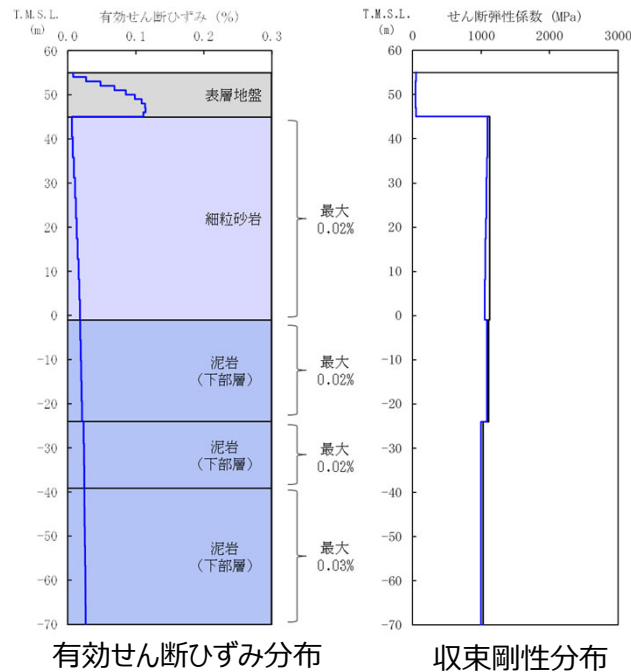
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

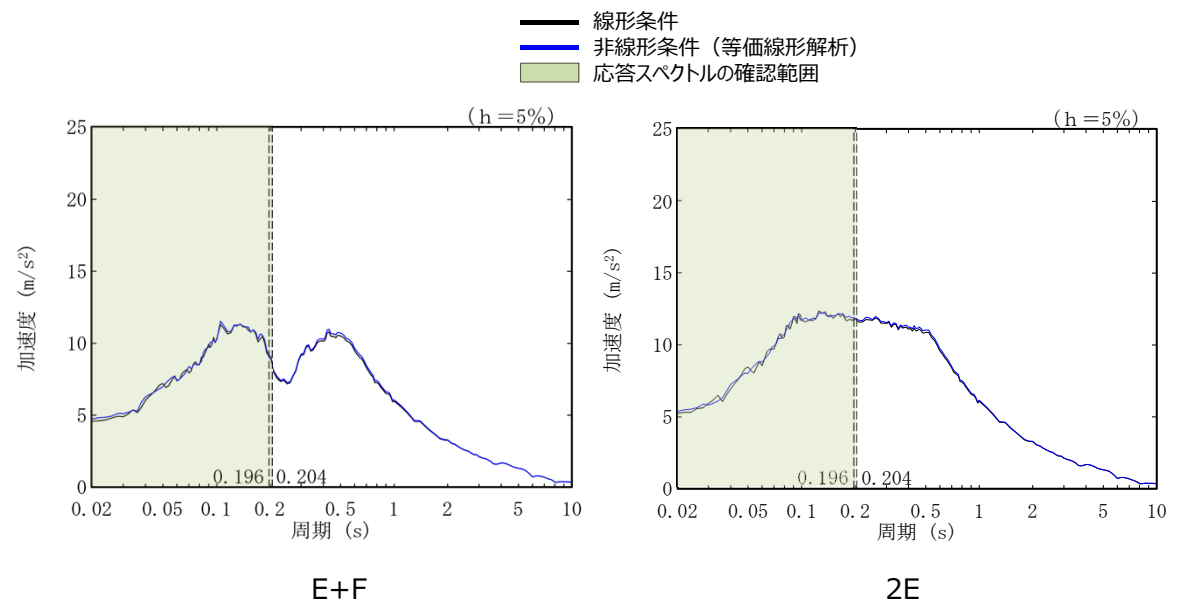
■ B. 岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果（DC）



注記：縦点線はDCの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較（DC）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

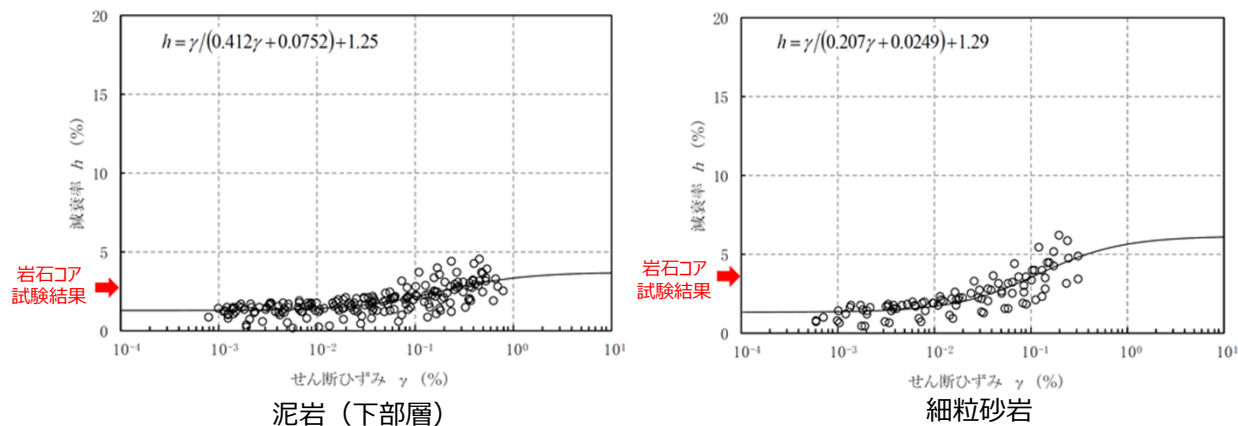
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- DCグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- DCグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- DCグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

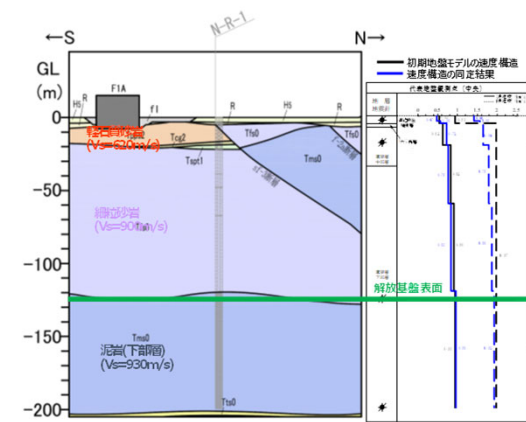
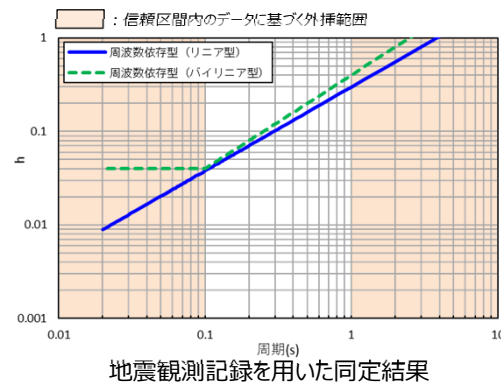
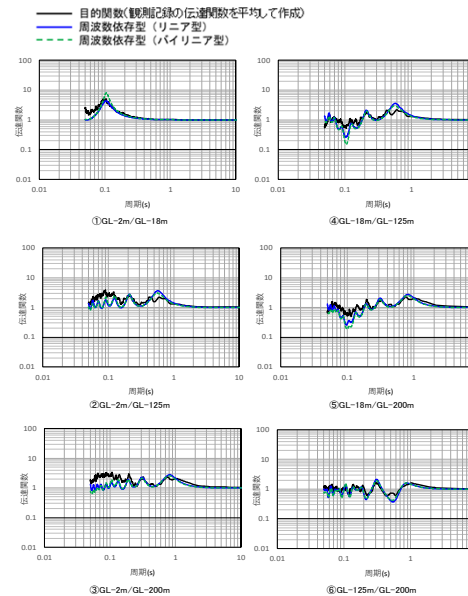


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



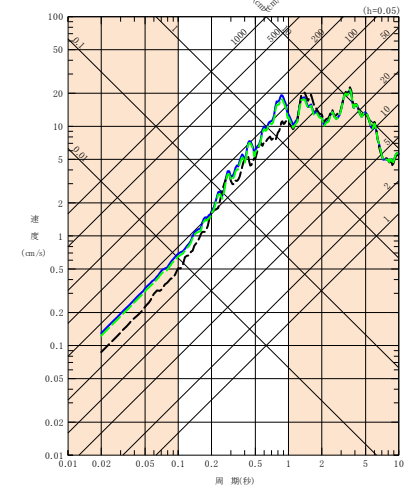
注1：地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2：佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

- ：信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
- ：建物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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

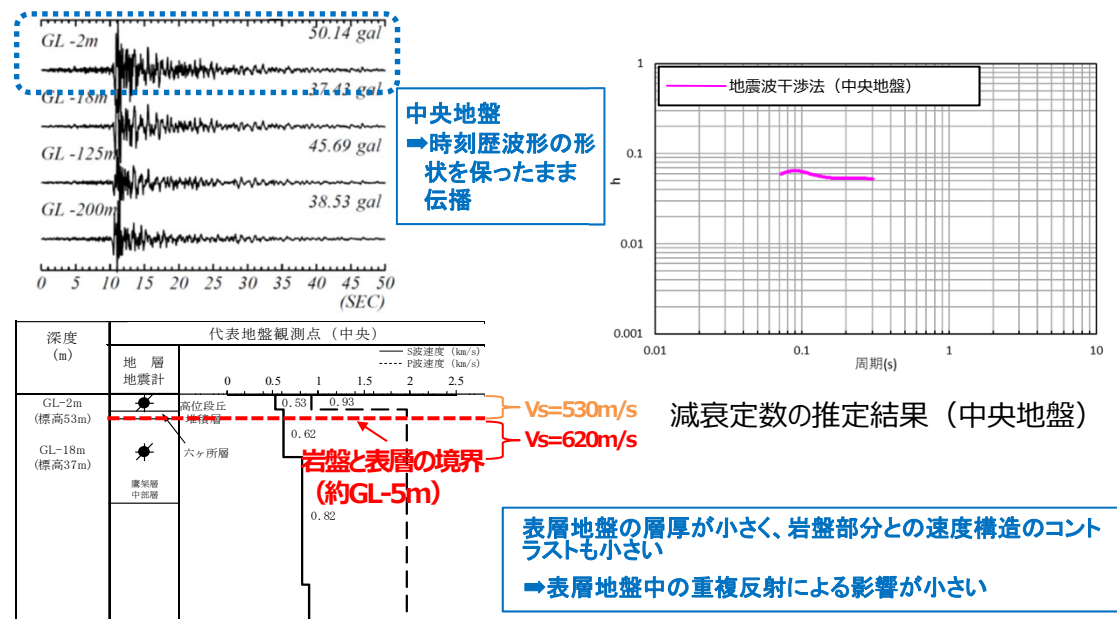
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

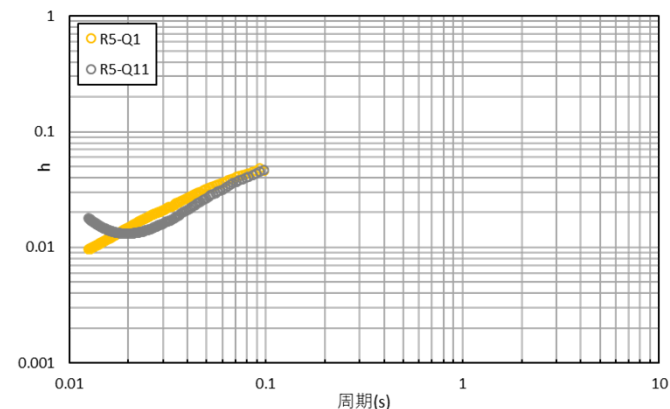
● C-4 : 地震波干渉法

- DCグループでは、中央地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法を実施。
- 中央地盤においては、地震波干渉法による結果について、振動数依存性は確認できないものの、用いたデコンボリューション波形における卓越周期（約0.1秒）における減衰定数の値としては信頼性が高い結果が得られていると考えられる。



● C-5 : S波検層

- DCグループでは、R5-Q1及びR5-Q11孔におけるS波検層結果を参照。
- DCグループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、複数データで同様の傾向となっており、散乱減衰が卓越している傾向。



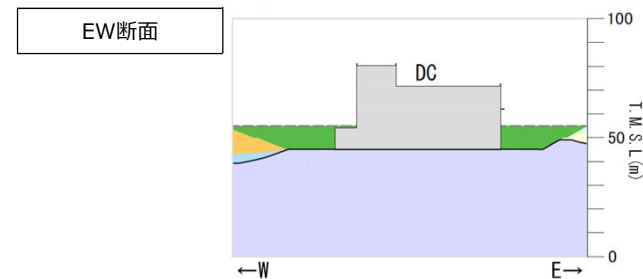
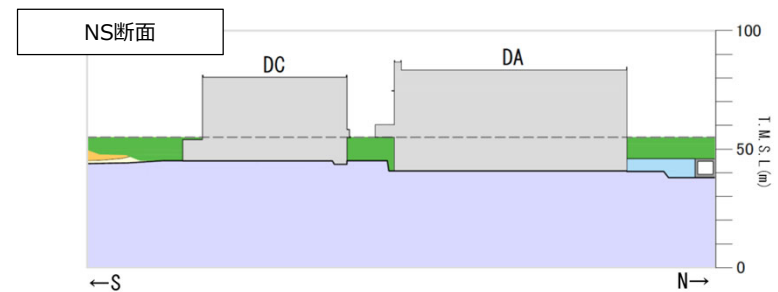
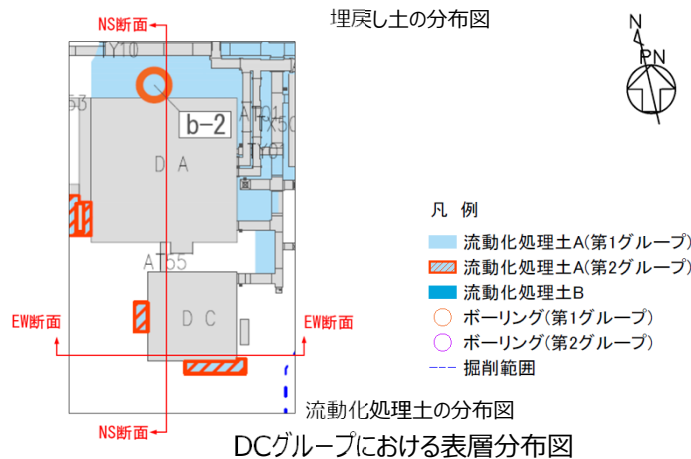
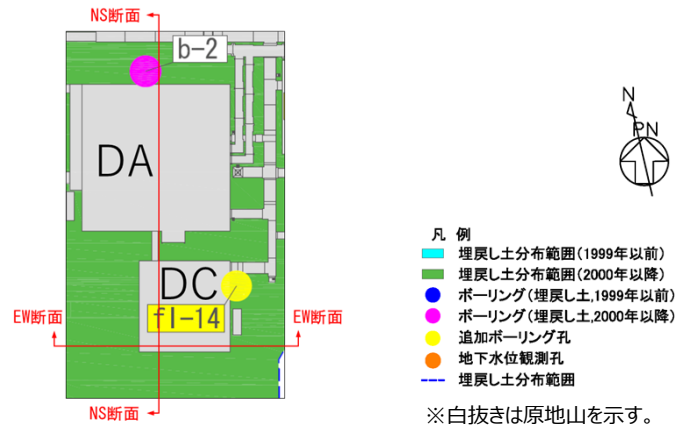
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- DCグループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が全周に広く分布。
- また、洞道周辺等には埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。



DCグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.6 DCグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 断層による入力地震動への影響は否定できないことから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値を上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数依存性は本方法による結果では明瞭には確認できないものの、明瞭なスタッキング波形のピークが見られる周期約0.1秒における減衰定数の値は精度よく得られている。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

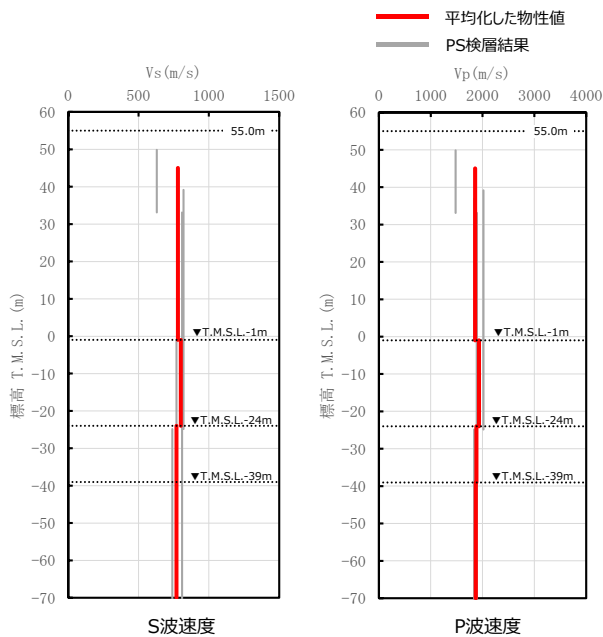
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.6 DCグループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

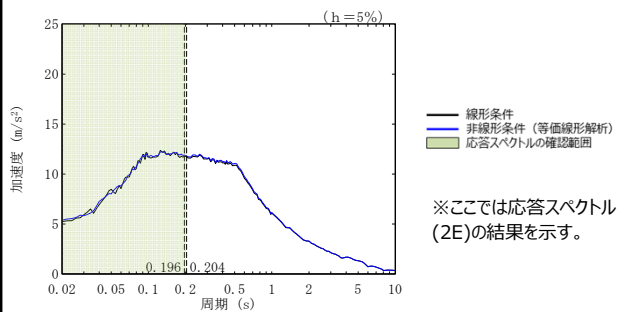
□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

A: 岩盤部分の物性値等

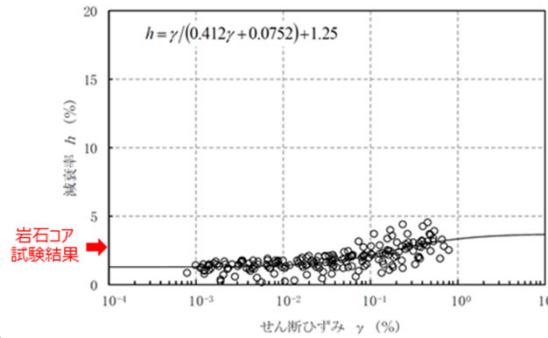


※DCについては、東端位置において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響があることを確認。

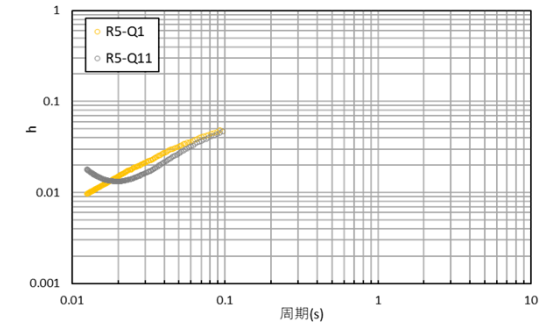
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



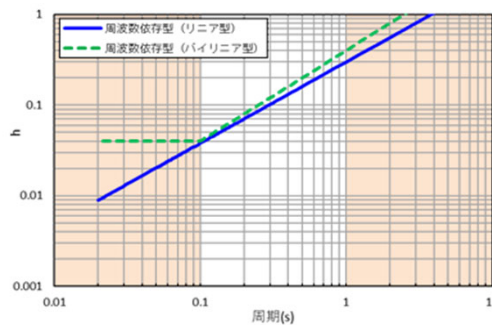
C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



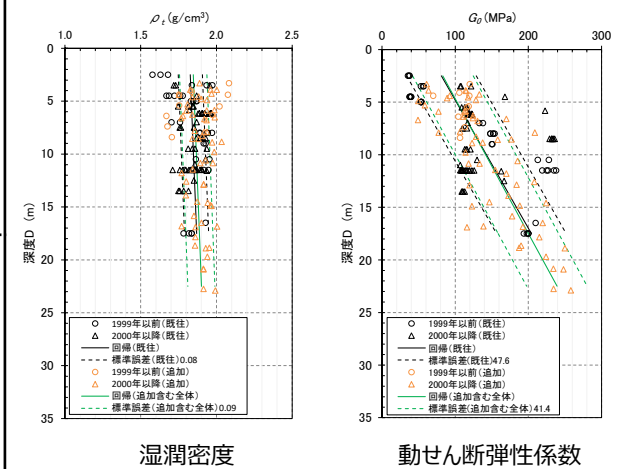
C - 5: S波検層



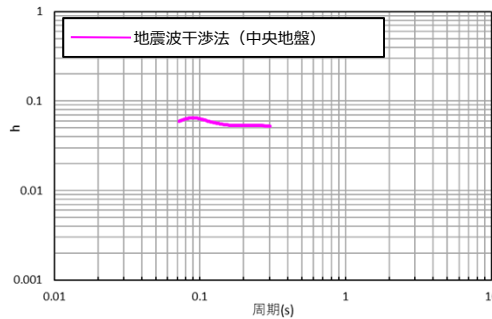
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



D: 表層地盤の物性値等



C - 4: 地震波干渉法



4. データの整理

4.7 E施設周辺グループ

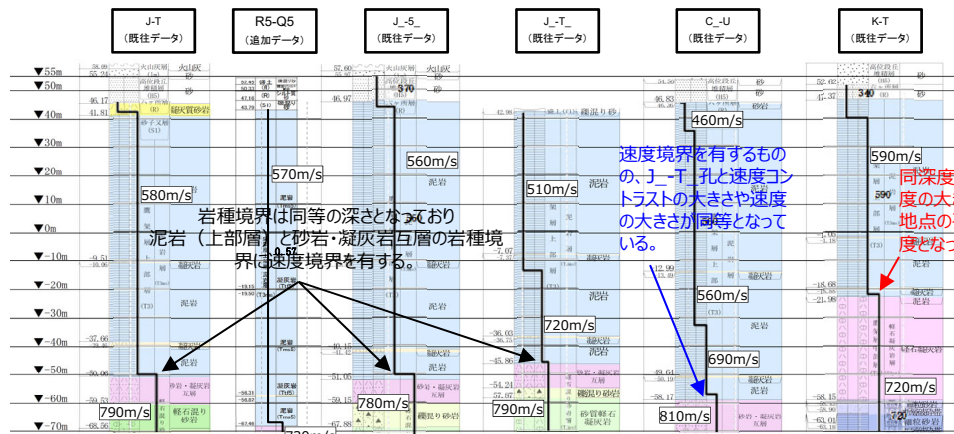
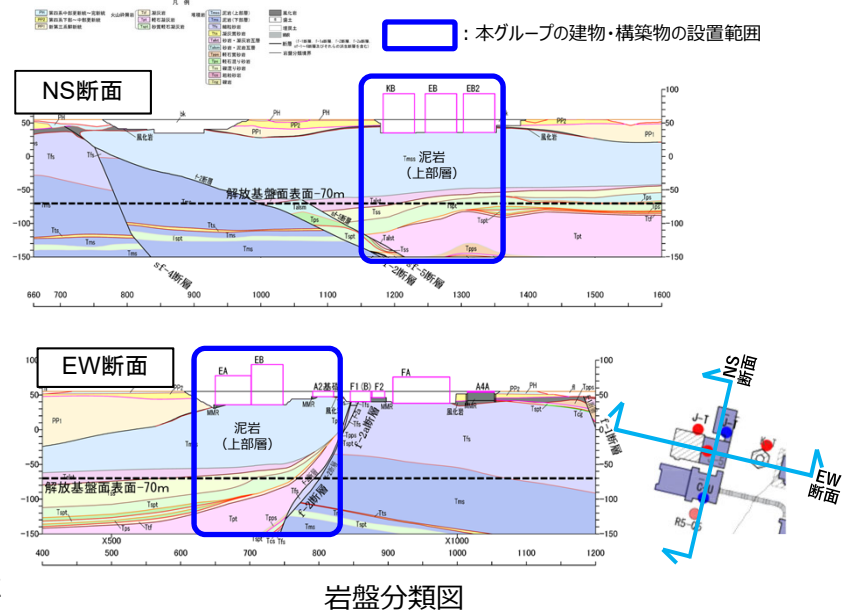
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

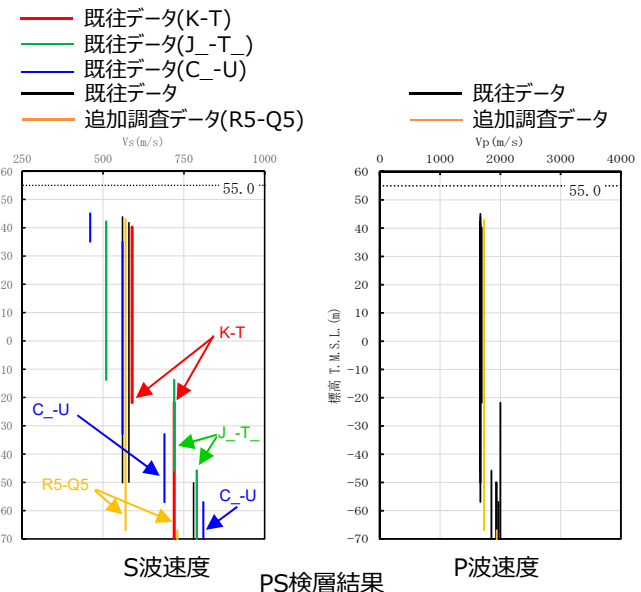
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- ▶ 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層上部層の泥岩が主に分布していることを確認した。
- ▶ 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- ▶ PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - J-T孔、J_5_孔、J_-T_孔については、泥岩 (上部層) 及び砂岩・凝灰岩互層の岩種境界の深さは同等となっていることを確認。
 - C_-U孔については、上記3孔に比べて砂岩・凝灰岩互層の上面レベルが低く、泥岩 (上部層) と砂岩・凝灰岩互層の岩種境界において速度のコントラストを有するものの、速度のコントラストの大きさ及び速度の大きさがJ_-T_孔と同等となっていることから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。
 - R5-Q5孔については、C_-U孔の泥岩 (上部層) と砂岩・凝灰岩互層の岩種境界の深さが同等となっている。
 - K-T孔については、軽石凝灰岩がT.M.S.L.-20m程度の浅いレベルに分布しているものの、その他のPS検層結果における同深度の泥岩 (上部層) と同程度の速度の大きさとなっていることから、同じ地盤におけるデータとして扱うことに問題は無いと判断した。
- ▶ 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



地質柱状図の比較
(グループ内の東西方向の順に整理、S波速度を重ねて示す)



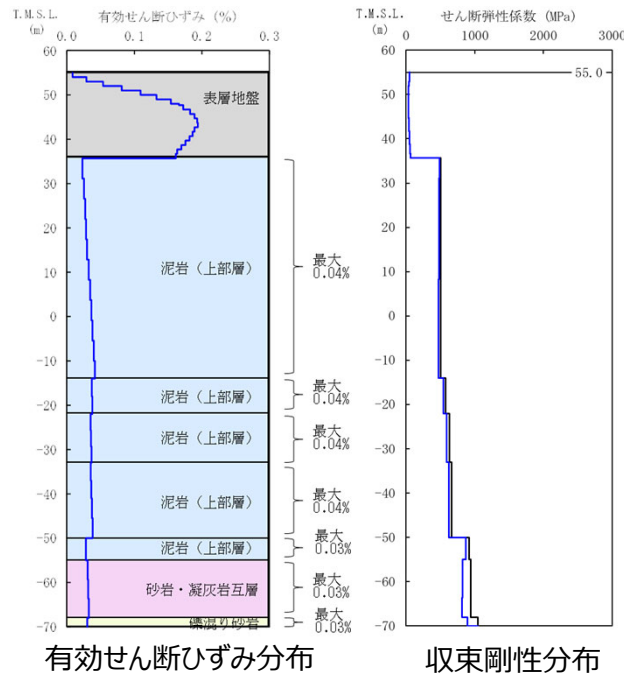
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

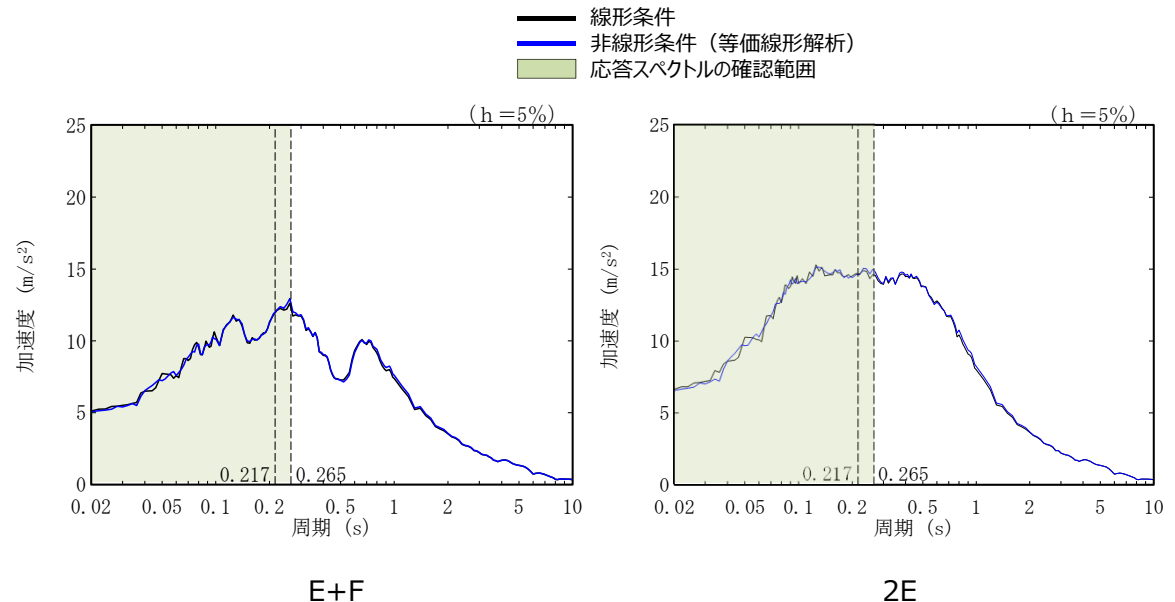
■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果（EB）



注記：縦点線はEBの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較（EB）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

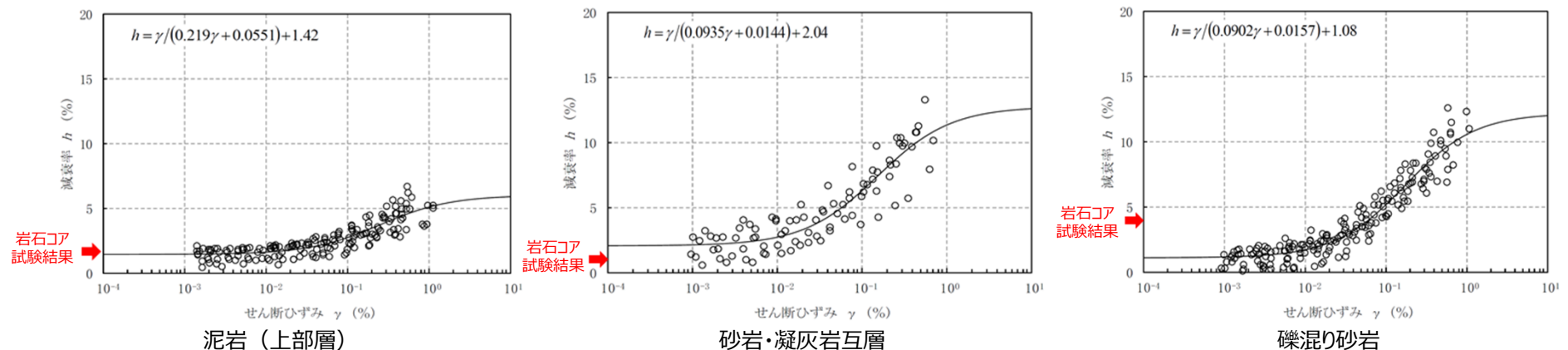
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- ▶ 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ10⁻²%以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- ▶ E施設周辺グループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- ▶ E施設周辺グループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、泥岩（上部層）及び礫混り砂岩については、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値と同等または上回る結果が得られている。
- ▶ この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。
- ▶ 砂岩・凝灰岩互層については、三軸圧縮試験結果を下回る結果が得られているが、本岩種は砂岩と凝灰岩の互層であり、コア取得位置による特性の違いが顕著に現れやすい岩種であり、ばらつきの大きいデータとなっていることが考えられる。なお、三軸圧縮試験において元としている個別の供試体に対する試験結果におけるばらつきの範囲内の値となっており、特異な値とはなっていない。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- E施設周辺グループでは、西側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

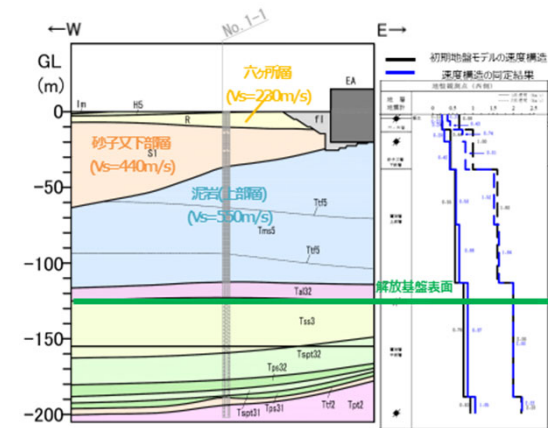
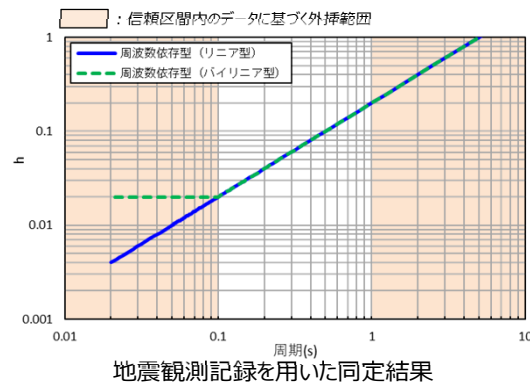


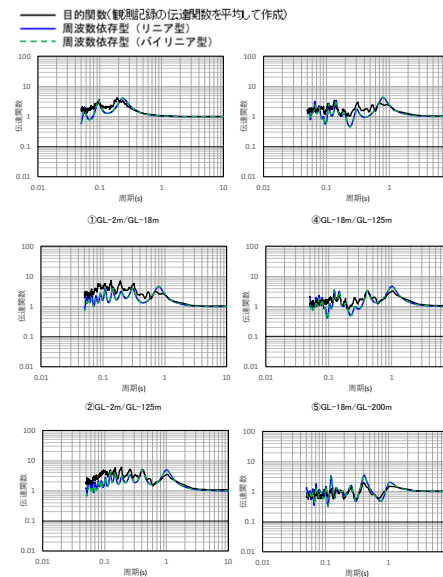
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



地震観測記録を用いた同定結果

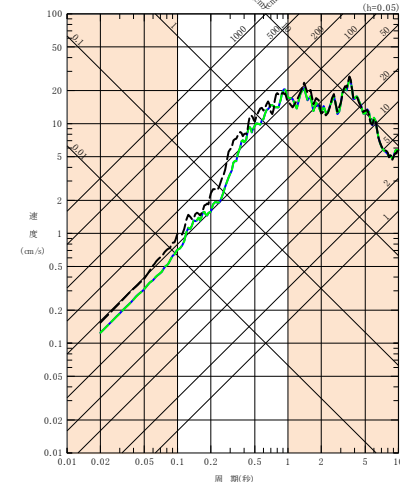
注1：地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2：佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



西側地盤観測点（水平）の伝達関数

: 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
 : 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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

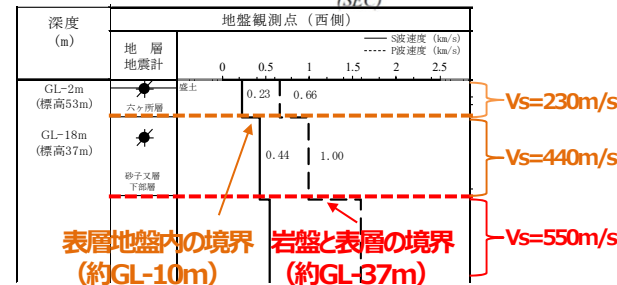
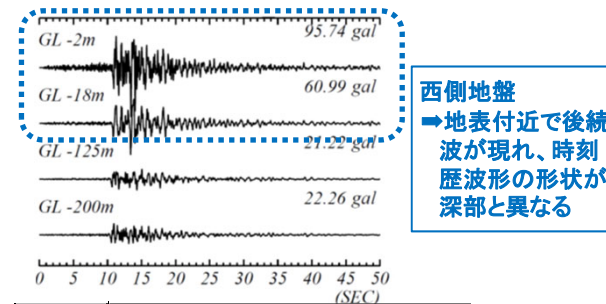
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

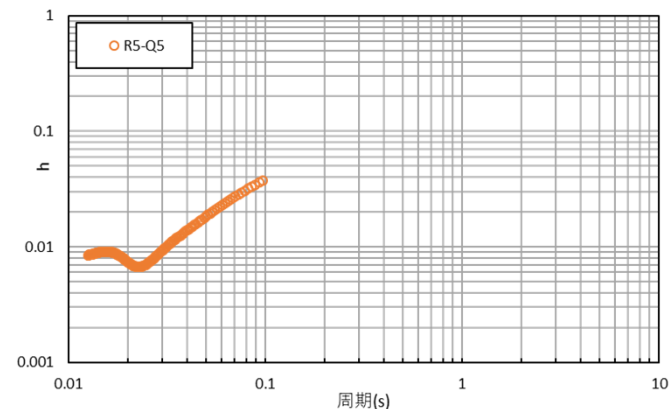
- E施設周辺グループでは、西側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 西側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



岩盤部分と表層地盤の境界面に傾斜が見られる。
 表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、表層地盤内に大きな速度のコントラストを有する。
 → 表層地盤内及び岩盤との境界面における重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- E施設周辺グループでは、追加データとしてR5-Q5孔におけるS波検層結果を参照。
- 追加データ (R5-Q5孔) は周期0.02秒付近で谷を有するが、それよりも長周期側では振動数依存性を有する傾向。



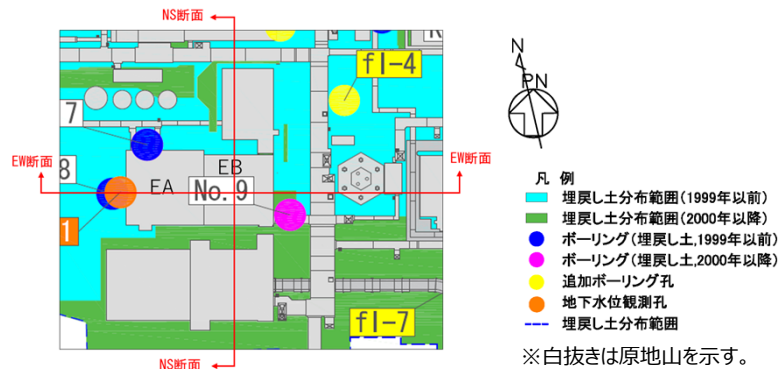
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

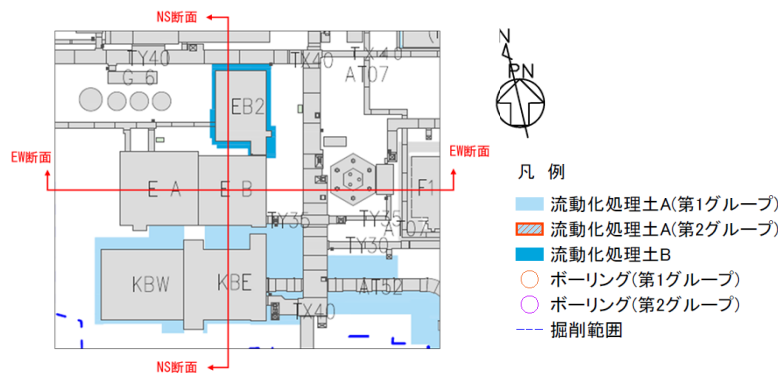
4.7 E施設周辺グループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- E施設周辺グループの周囲は、表層地盤として1999年以前及び2000年以降に施工した埋戻し土が分布。
- また、洞道周辺等の局部及び建屋間の狭隘部には、埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土等が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

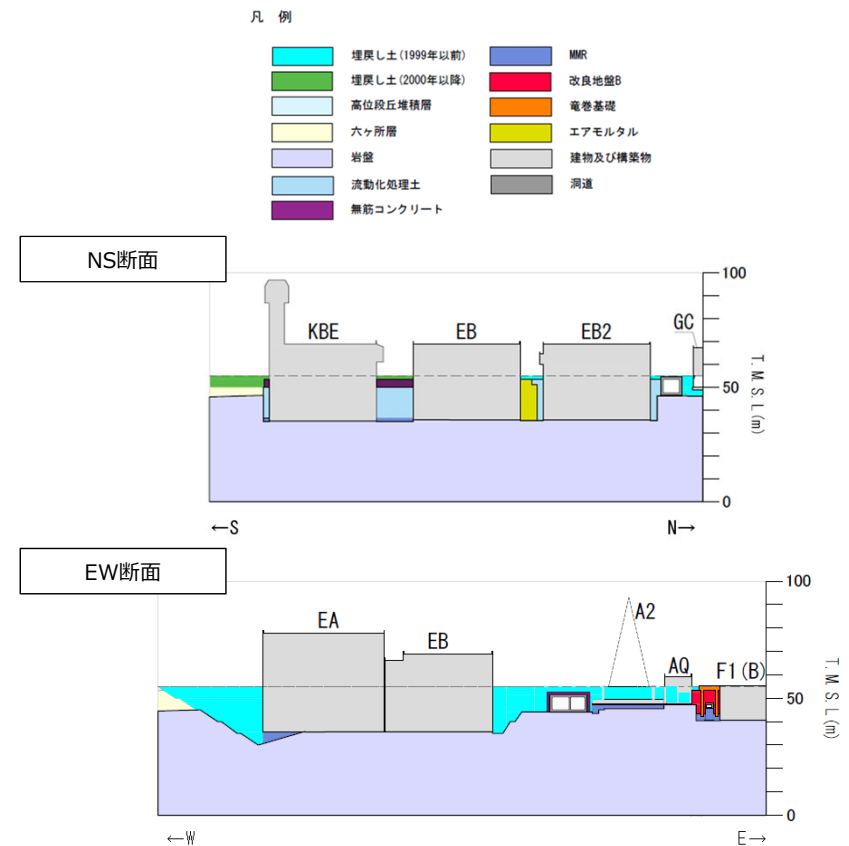


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

E施設周辺グループにおける表層分布図



E施設周辺グループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G_0 - γ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等又は上回る。なお、下回るデータについては三軸圧縮試験の個別データのばらつきの範囲内。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

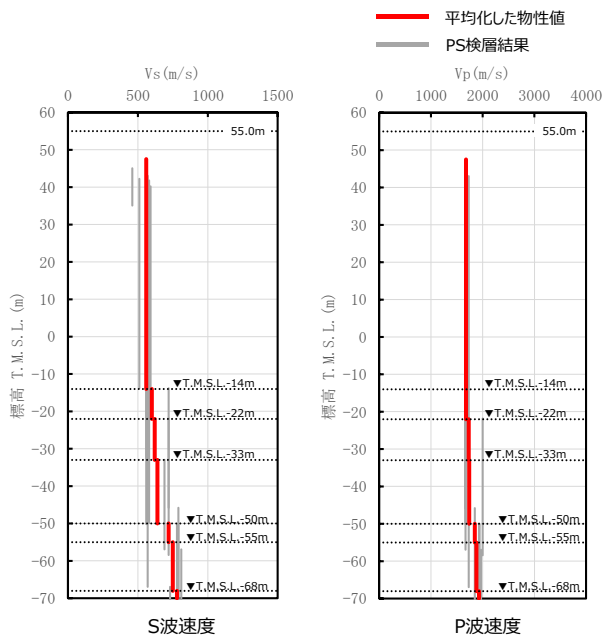
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.7 E施設周辺グループのデータ整理

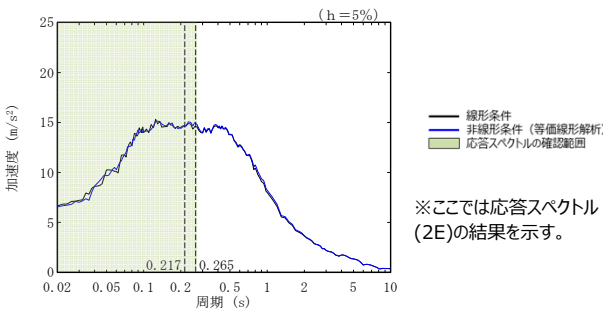
■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

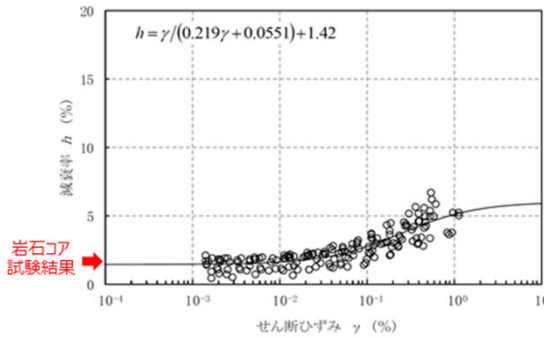
A: 岩盤部分の物性値等



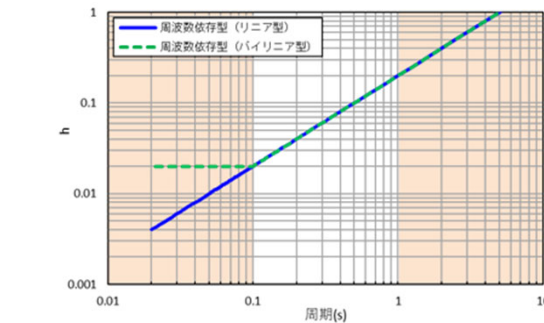
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



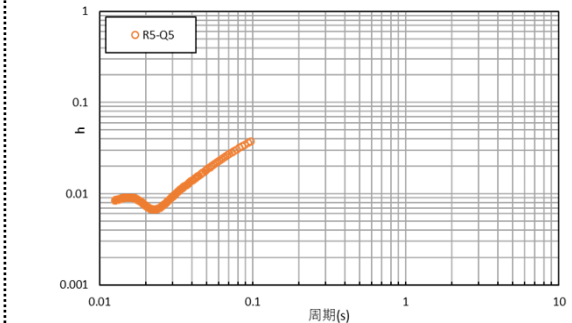
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



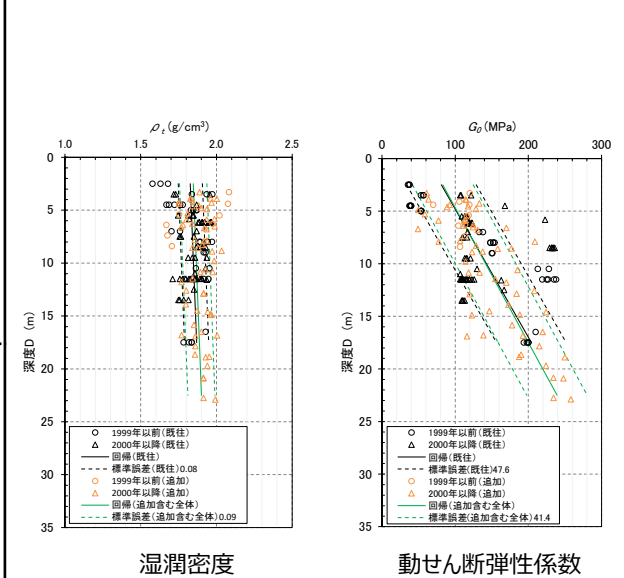
C - 4: 地震波干渉法



C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



4. データの整理

4.8 ACグループ

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.8 ACグループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

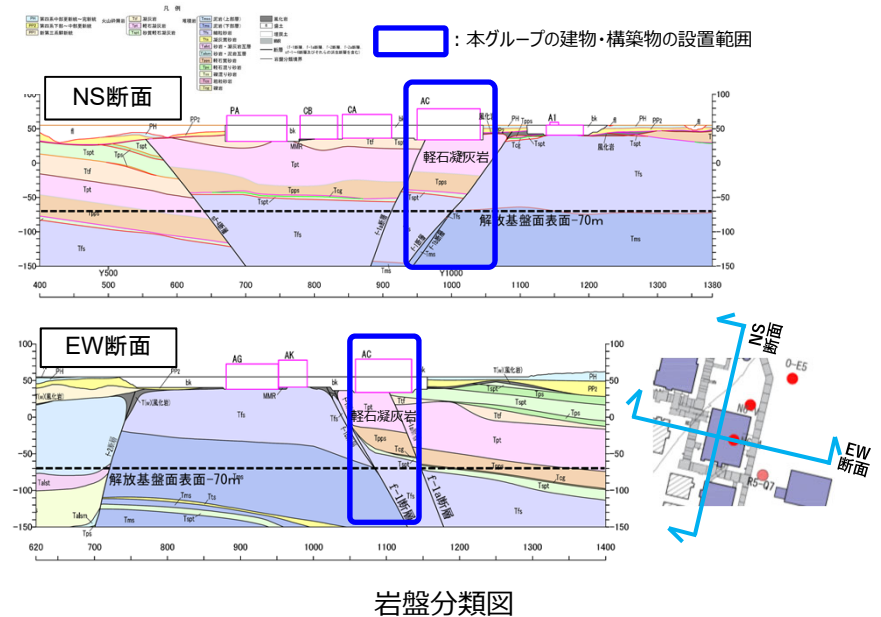
● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

➤ 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層中部層の軽石凝灰岩、軽石質砂岩が主に分布していることを確認した。

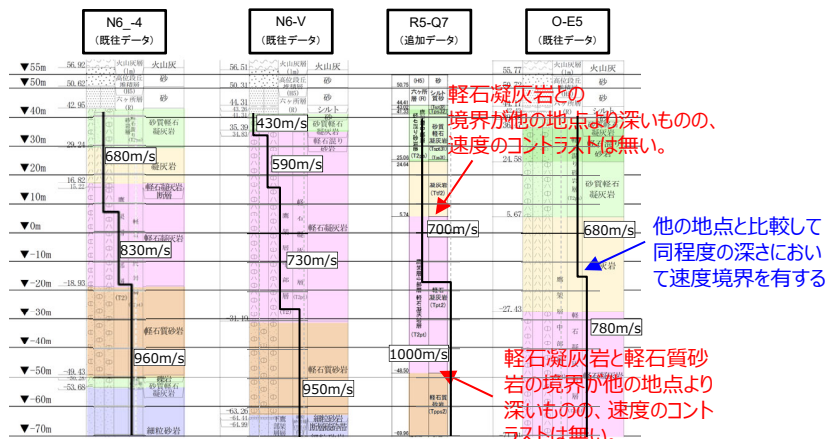
➤ PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。

- R5-Q7孔及びN6-V孔については、N6_-4孔と比較し、軽石凝灰岩が厚く分布しているが、速度構造としては、いずれの孔においても同程度の深さにおいて速度のコントラストを有することを確認。
- O-E5孔については、N6_-4孔と比較し、軽石凝灰岩が深く分布し、S波速度が小さいものの、他の3孔と同程度の深さにおいて速度境界を有することを確認。
- R5-Q7孔及びO-E5孔の軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界はN6_-4孔に比べ深いものの、その境界においては、速度のコントラストは無いことを確認。

➤ 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。さらに、ACについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認する。

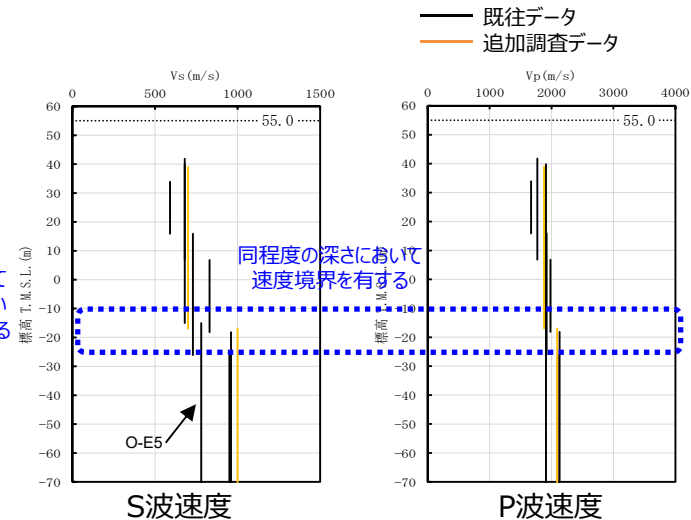


岩盤分類図



地質柱状図の比較

(グループ内の東西方向の順に整理、S波速度を重ねて示す)



PS検層結果

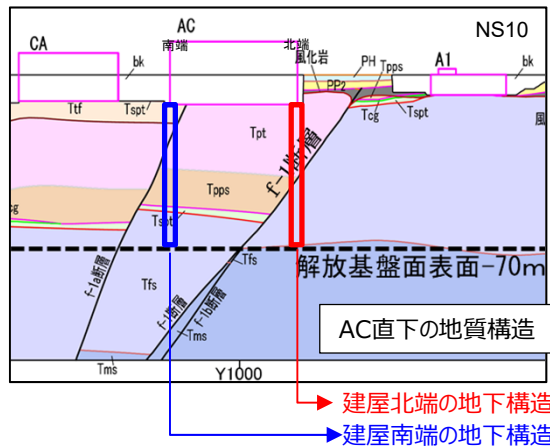
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

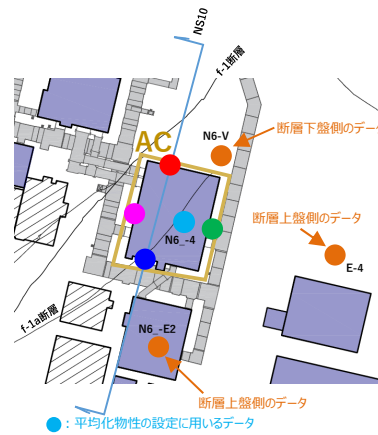
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 断層等の影響により、グループ内で地質構造が異なる場合の地盤応答への影響（ACグループ）

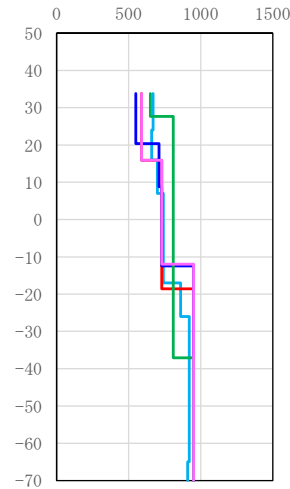
- ACについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認。
- 応答スペクトル形状はACグループの平均化物性にに基づく地盤応答（図中●）と、建屋直下各位置の地盤応答（図中●, ●, ●, ●）の傾向は同様となっていることから、断層による地盤応答への影響は小さいと考えられるものの、応答スペクトルの振幅については差が生じている。
- 直下に断層があるACについては、断層による影響が否定できず、南端位置（図中●）において、1次固有周期より短周期側で差が生じていることから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。



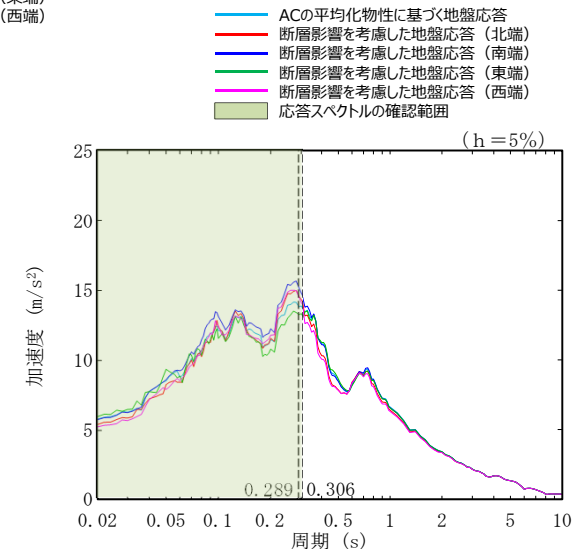
AC直下に存在する断層による地下構造の不連続性（南北断面の例）



- ACの平均化物性
- 建屋直下各位置の地盤物性（北端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（南端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（東端）
- 建屋直下各位置の地盤物性（西端）



AC直下各位置の速度構造



注記：縦点線はACの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。
基礎底面レベルの応答スペクトル

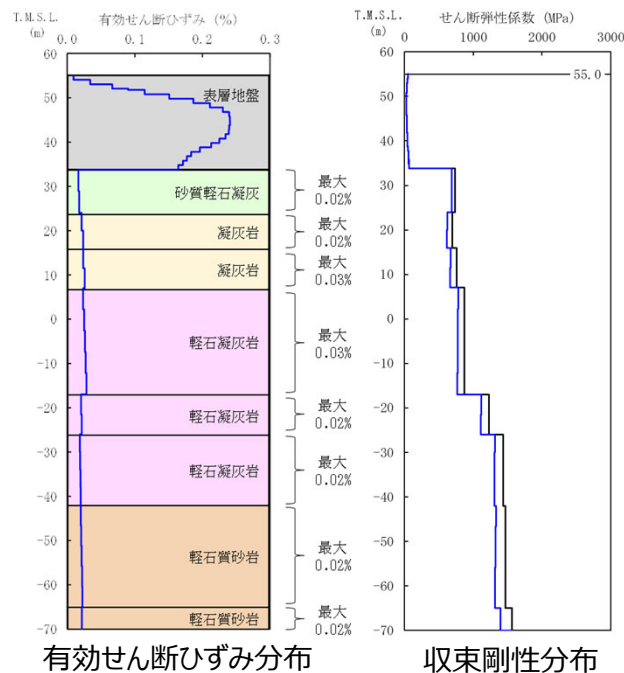
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

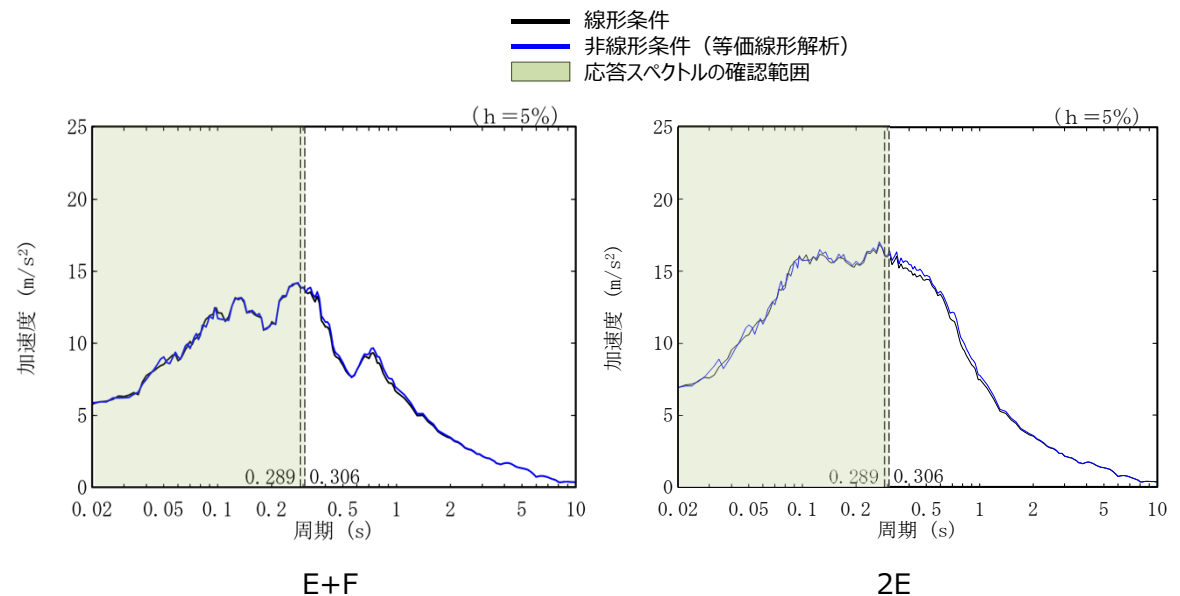
■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果 (AC)



注記：縦点線はACの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (AC)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

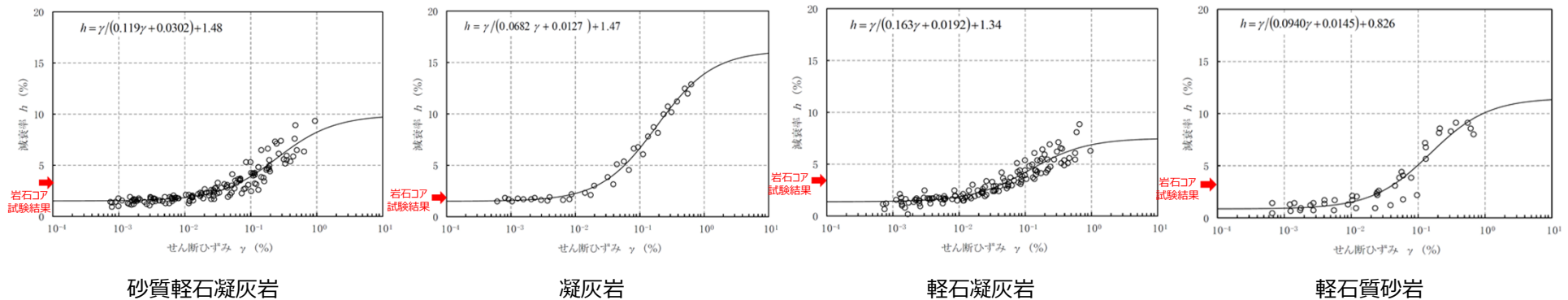
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ10⁻²%以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- ACグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- ACグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3 : 地震観測記録を用いた同定

- ACグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

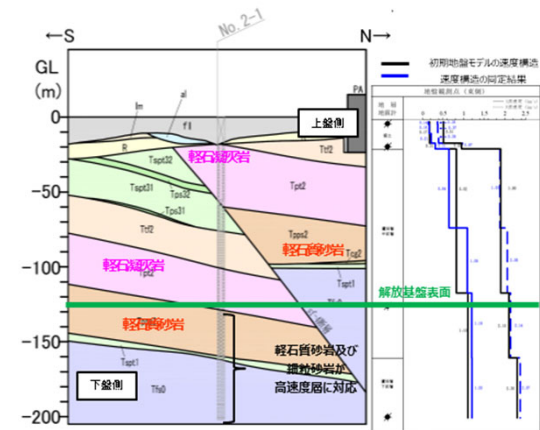
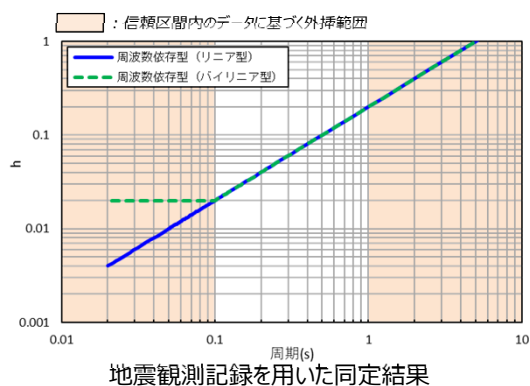
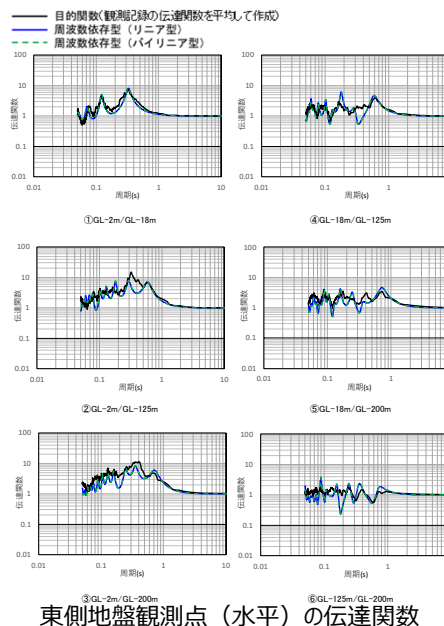


図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果

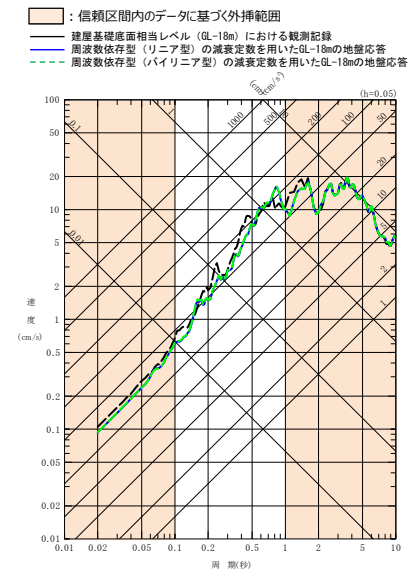


注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



東側地盤観測点（水平）の伝達関数



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

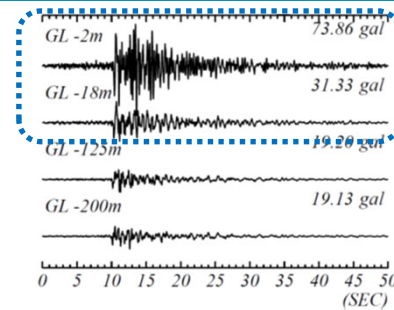
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

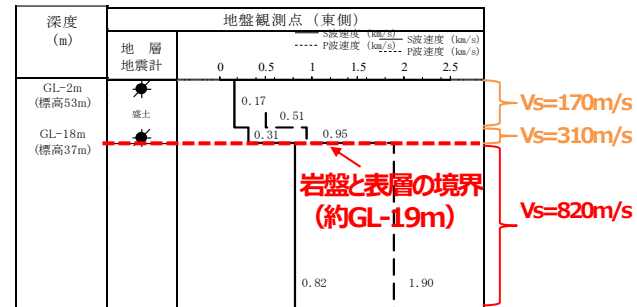
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

- ACグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 東側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



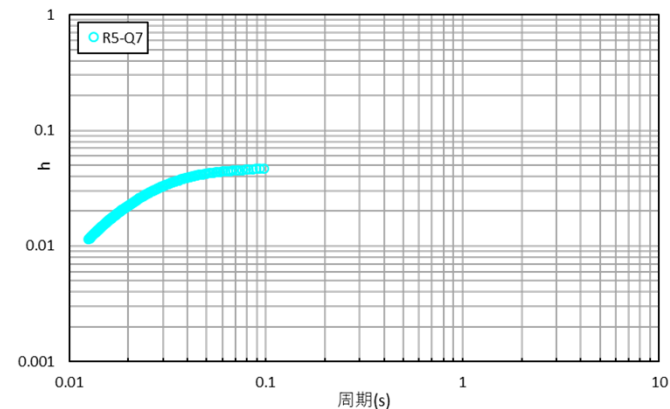
東側地盤
 ➔ 地表付近で後続波が現れ、時刻歴波形の形状が深部と異なる



表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、岩盤部分との速度構造のコントラストが大きい
 ➔ 表層地盤中の重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- ACグループでは、R5-Q7孔におけるS波検層結果を参照。
- ACグループのS波検層データは、周期0.05sより長周期側の傾きは小さいものの、ごく短周期側では振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



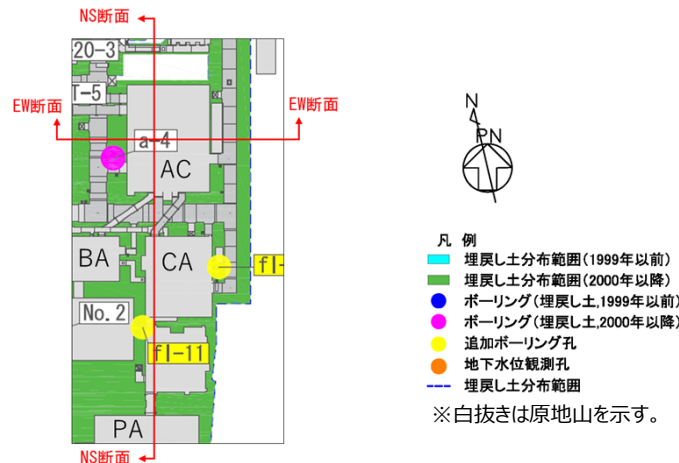
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

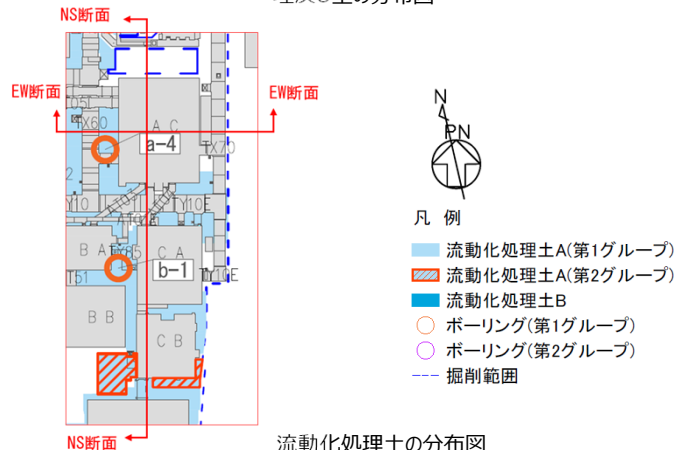
4.8 ACグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- ACグループの周囲は、AC建屋北側を除く3方向に表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が広く分布。
- また、洞道周辺及び建屋間の狭隘部には、埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土及び改良地盤が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

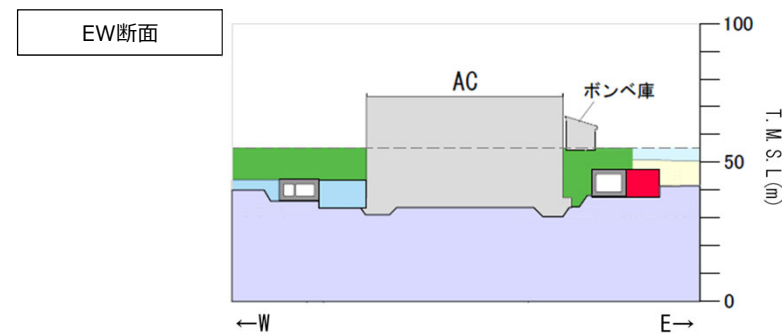
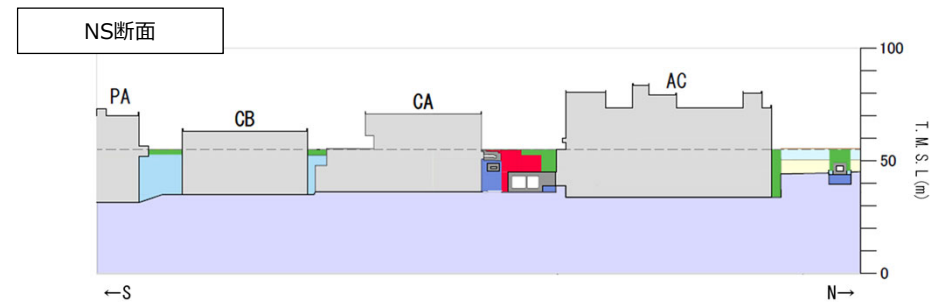
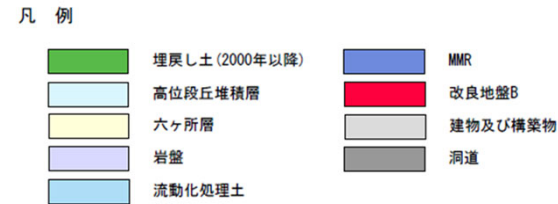


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

ACグループにおける表層分布図



ACグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.8 ACグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

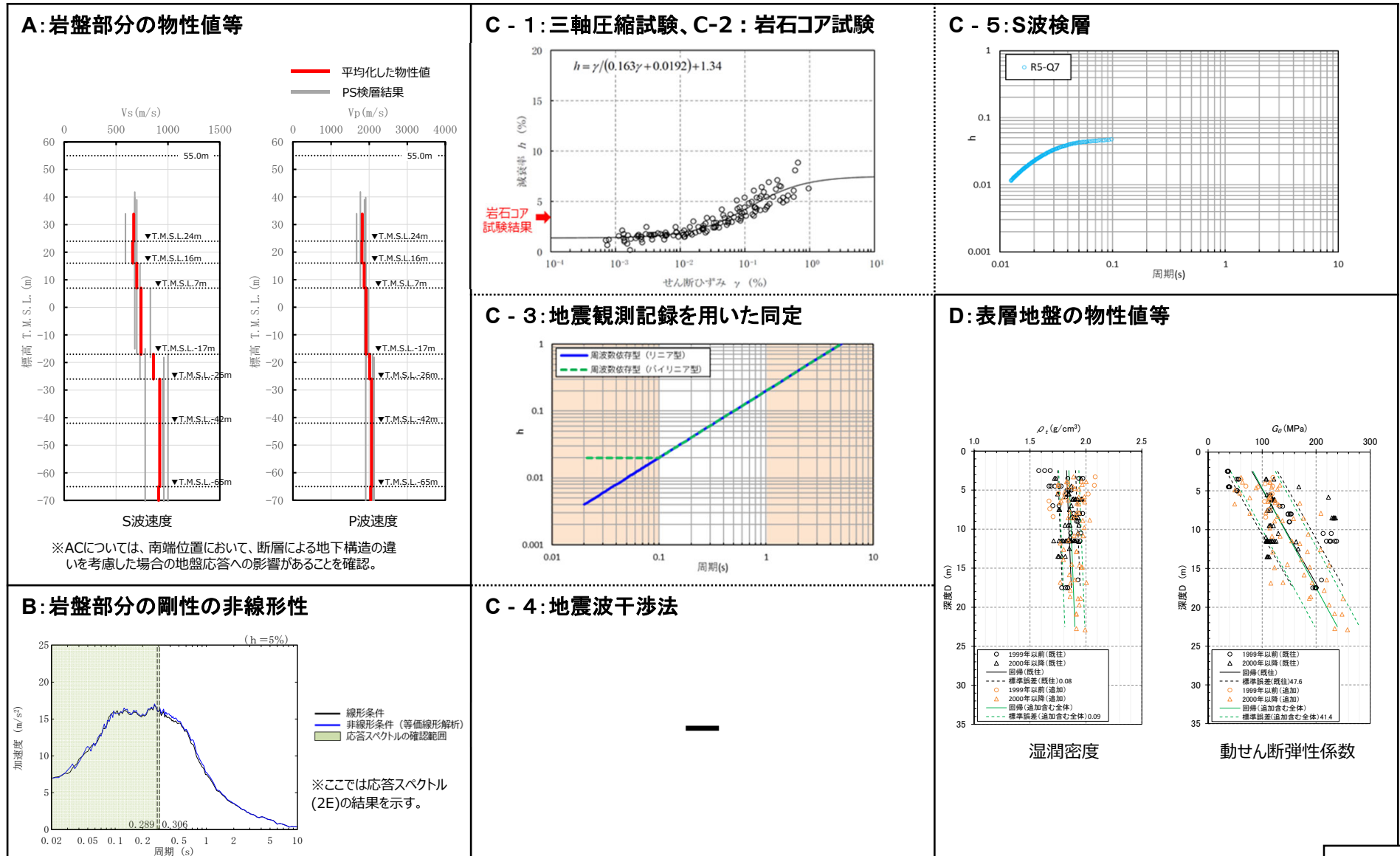
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 断層による入力地震動への影響は否定できないことから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.8 ACグループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.9 CAグループ

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

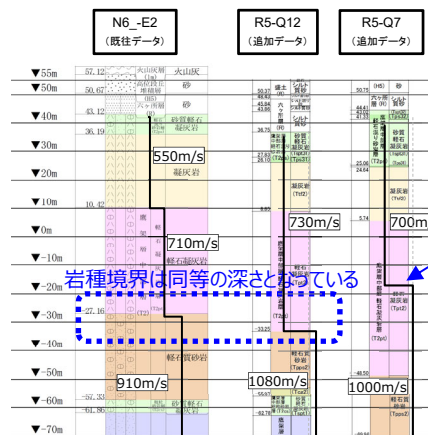
● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

➤ 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層中部層の凝灰岩、軽石凝灰岩、軽石質砂岩が主に分布していることを確認した。

➤ PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。

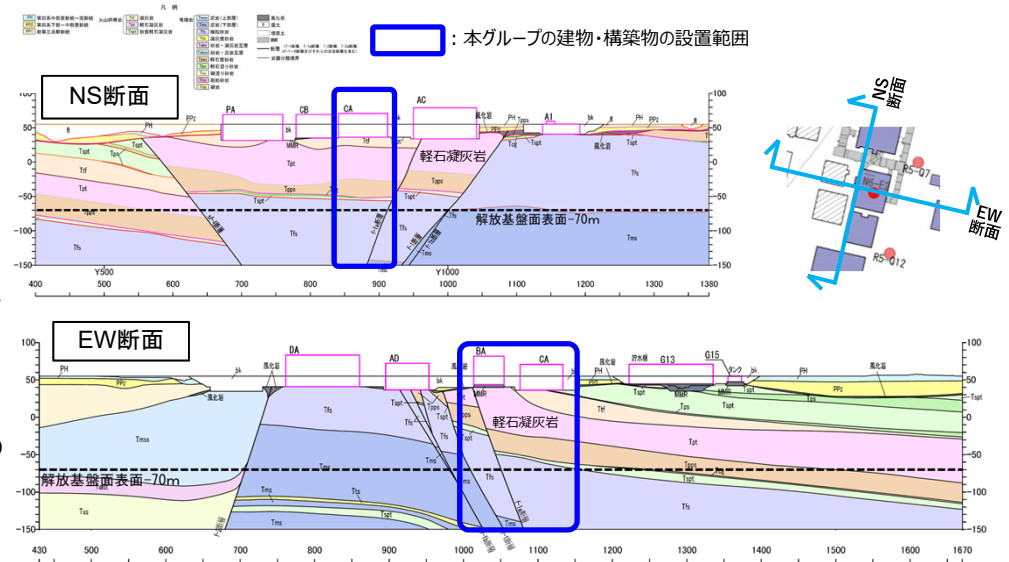
- N6_-E2孔及びR5-Q12孔については、凝灰岩と軽石凝灰岩及び軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界の深さが同等となっていることを確認。
- R5-Q12孔の凝灰岩はN6_-E2孔と比べ薄いものの、凝灰岩においては速度のコントラストは無いことを確認。
- R5-Q7孔については、N6_-E2孔と比較し、軽石凝灰岩が厚く分布しているものの、同程度の深さにおいて速度のコントラストを有することを確認。
- N6_-E2孔については、T.M.S.L.10mよりも浅部において、他の孔と比較してS波速度が小さいデータが得られているが、他の孔位置との地下構造の差は無いことから、同種の岩盤における速度構造として扱うことに問題は無いと判断した。

➤ 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。さらに、BAについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認する。

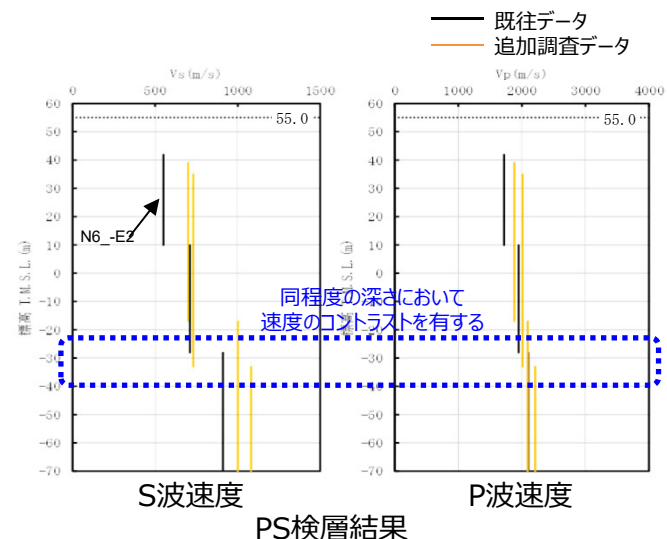


地質柱状図の比較

(グループ内の東西方向の順に整理、S波速度を重ねて示す)



岩盤分類図



S波速度

P波速度

PS検層結果

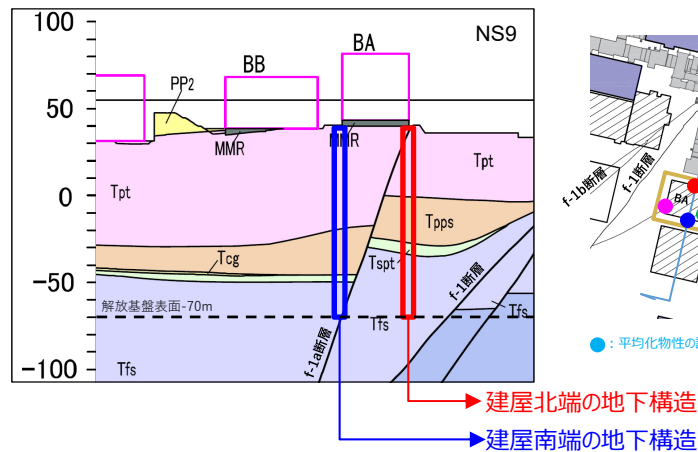
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

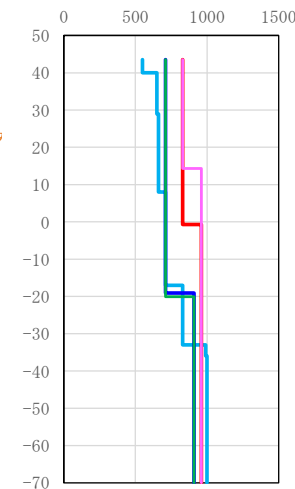
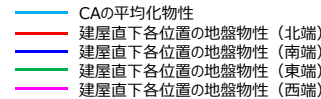
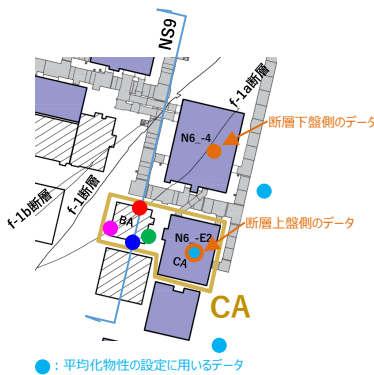
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 断層等の影響により、グループ内で地質構造が異なる場合の地盤応答への影響（CAグループ）

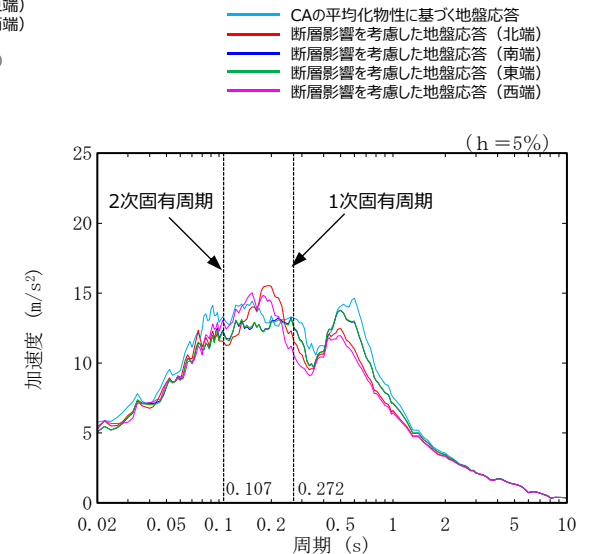
- BAについては、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認。
- 建屋直下各位置の地盤物性（図中●、●、●、●）に対し、CAグループの平均化物性にに基づく地盤応答（図中●）は、建屋1次固有周期では大きい地盤応答を与え、断層による地盤応答への影響は小さいと考えられるものの、応答スペクトルの振幅については差が生じている。
- 直下に断層があるBAについては、断層による影響が否定できず、西端位置及び北端位置（図中●、●）の地盤応答において、1次固有周期より短周期側で差が生じていることから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。



BA直下に存在する断層による地下構造の不連続性（南北断面の例）



BA直下各位置の速度構造



注記：縦点線はBAの1次固有周期及び2次固有周期（ともにEW方向）を示す。

基礎底面レベルの応答スペクトル

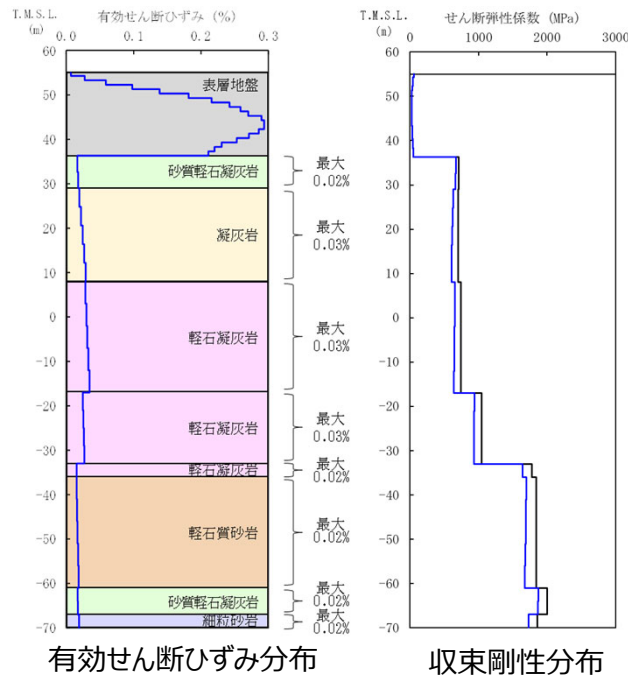
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

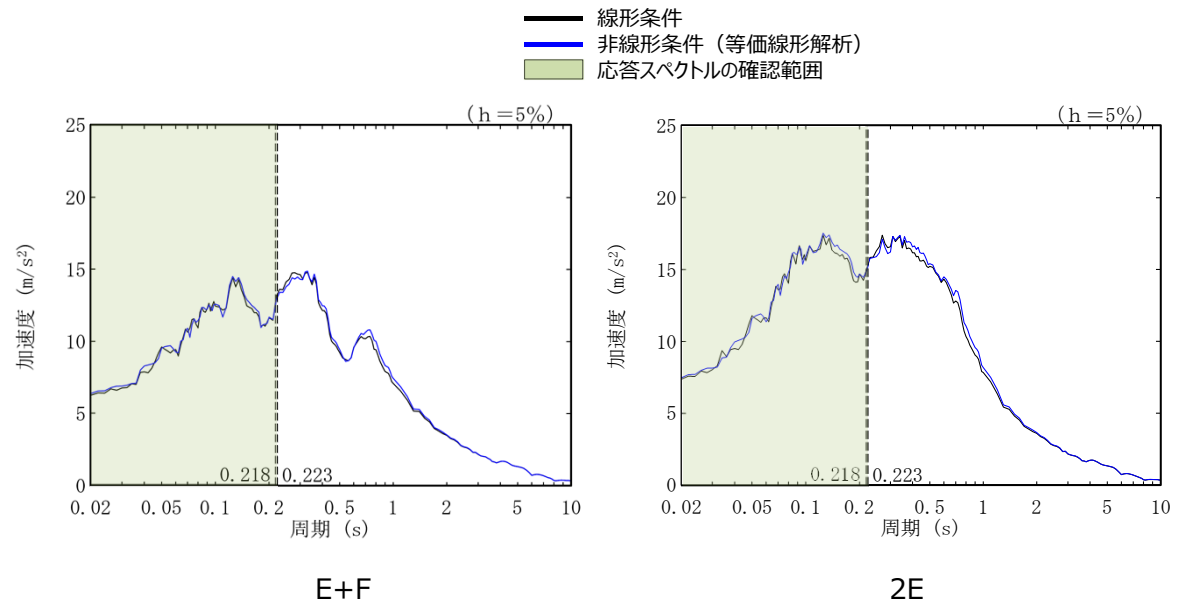
- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



有効せん断ひずみ分布

収束剛性分布

地盤の等価線形解析結果 (CA)



E+F

2E

注記：縦点線はCAの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (CA)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- CAグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

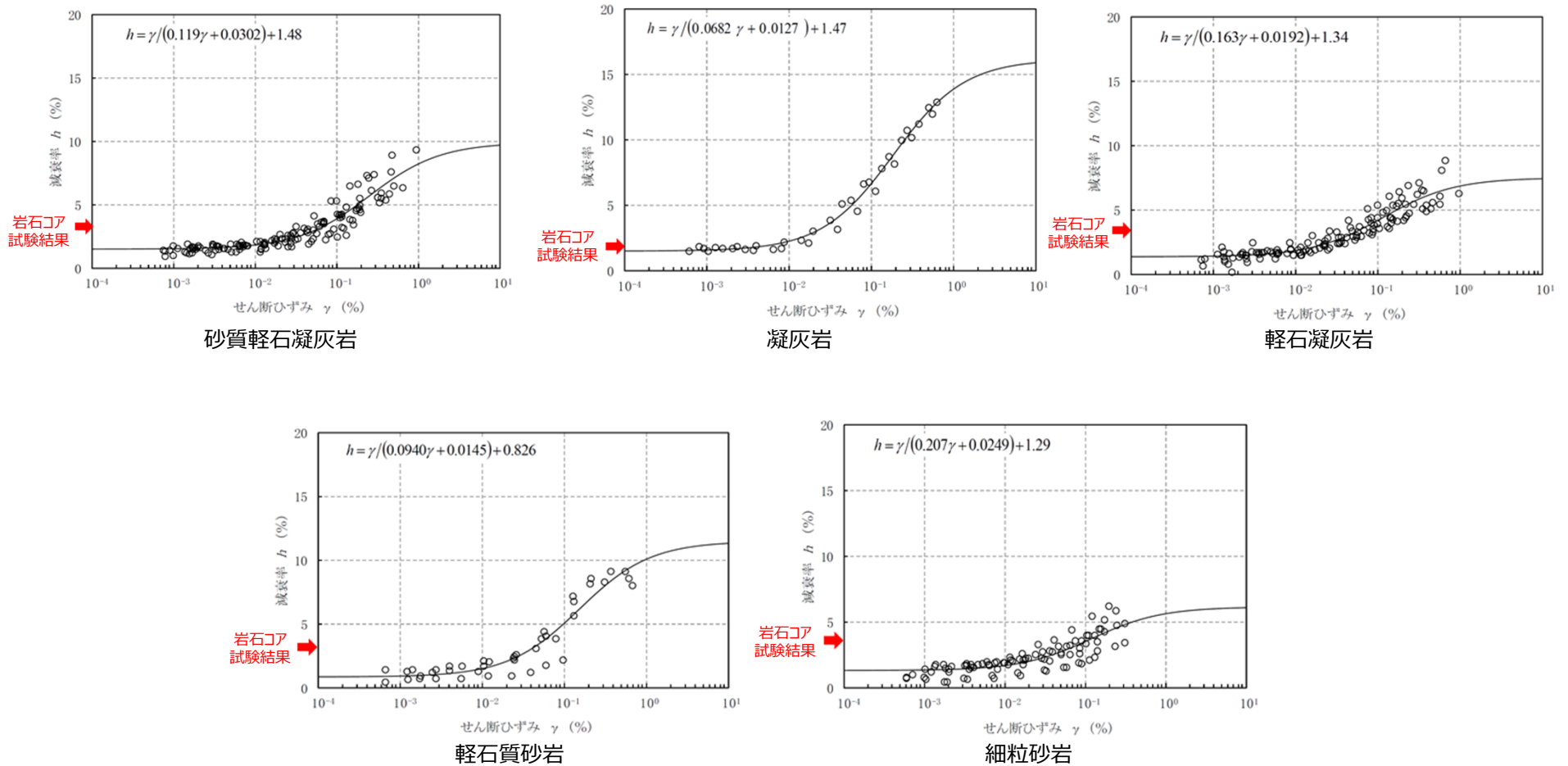
- CAグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.9 CAグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1 : 三軸圧縮試験 / C-2 : 岩石コア試験



岩盤部分のひずみ依存特性 (h- γ 曲線) 及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- CAグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

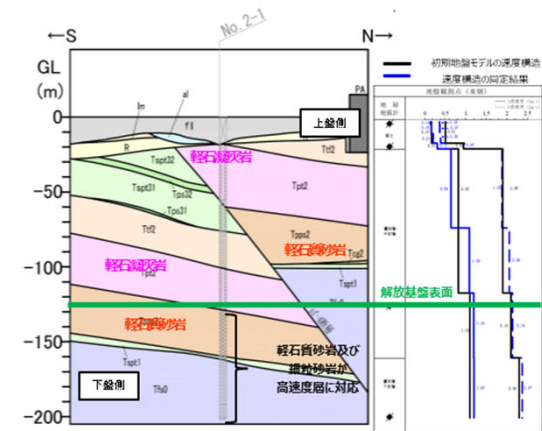
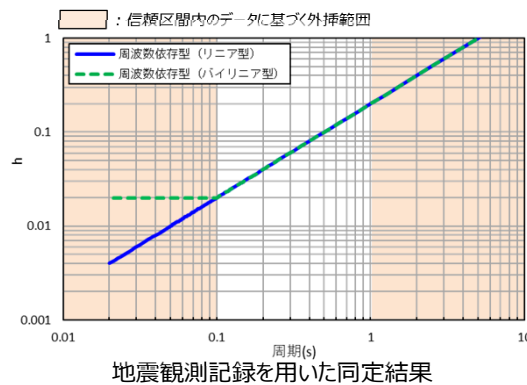


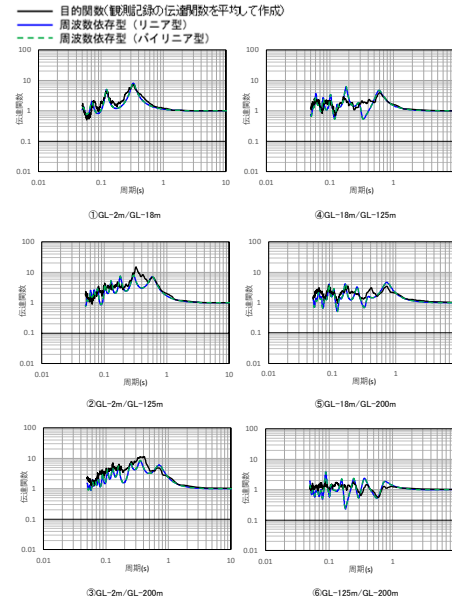
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



地震観測記録を用いた同定結果

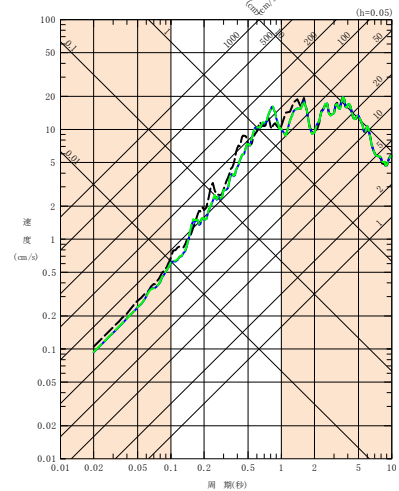
注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



東側地盤観測点（水平）の伝達関数

- : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
- : 建屋基礎面相当レベル (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の地震応答
- : 周波数依存型 (バイリニア型) の減衰定数を用いたGL-18mの地震応答



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

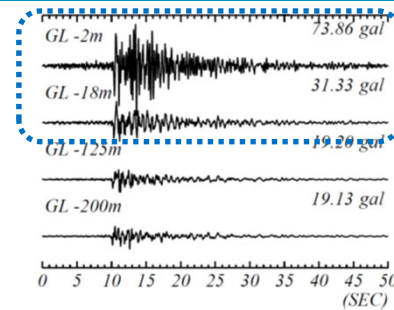
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

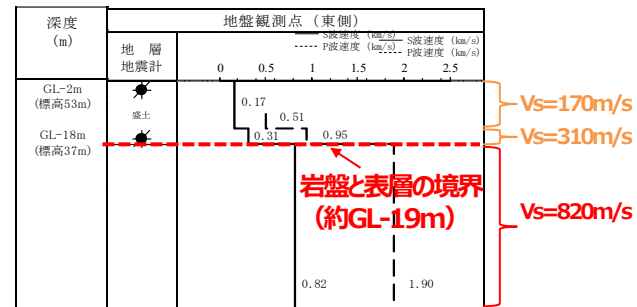
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

- CAグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 東側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



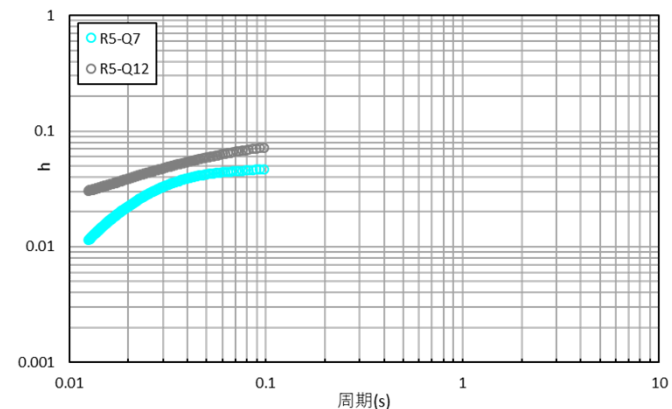
東側地盤
 ➔ 地表付近で後続波が現れ、時刻歴波形の形状が深部と異なる



表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、岩盤部分との速度構造のコントラストが大きい
 ➔ 表層地盤中の重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- CAグループでは、R5-Q7孔及びR5-Q12孔におけるS波検層結果を参照。
- CAグループのS波検層データは、R5-Q7孔において周期0.05sより長周期側の傾きは小さいものの、いずれの孔もごく短周期側では振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



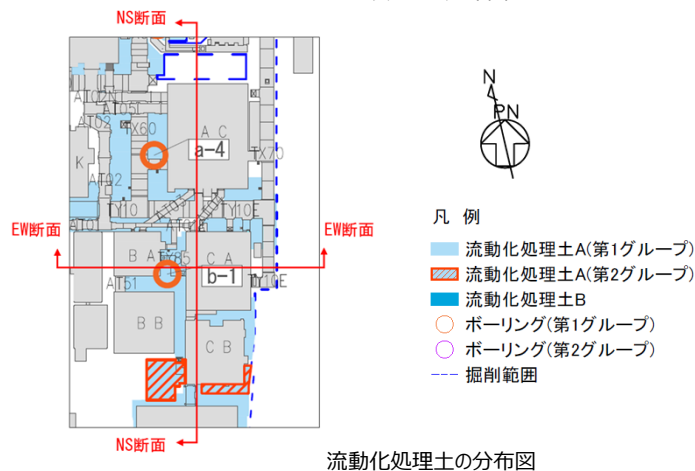
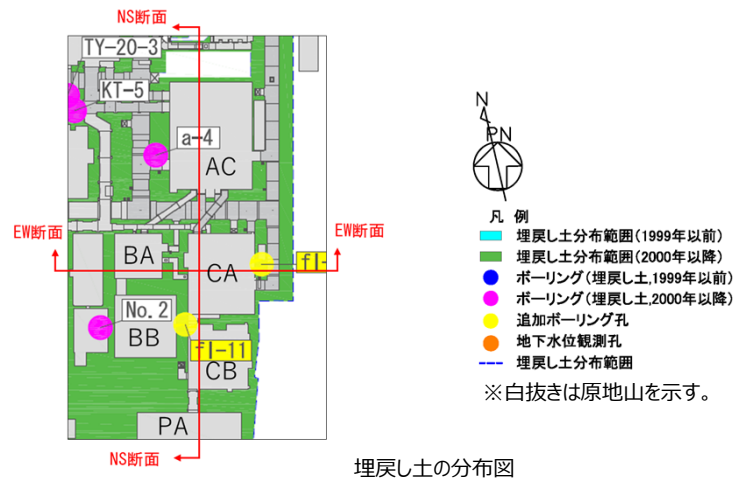
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

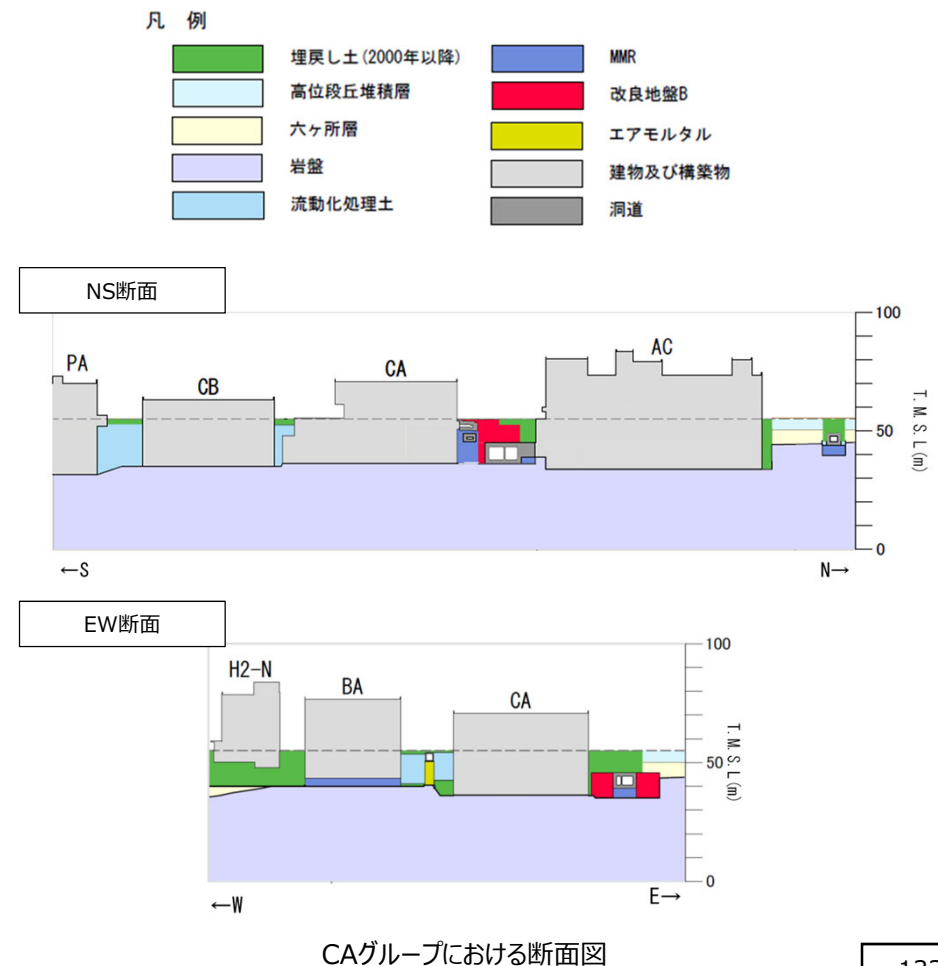
4.9 CAグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- CAグループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が全周に広く分布。
- また、洞道周辺及び建屋間の狭隘部には、埋戻し土よりも剛性の大きい流動化処理土及び改良地盤が分布。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。



CAグループにおける表層分布図



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.9 CAグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 断層による入力地震動への影響は否定できないことから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

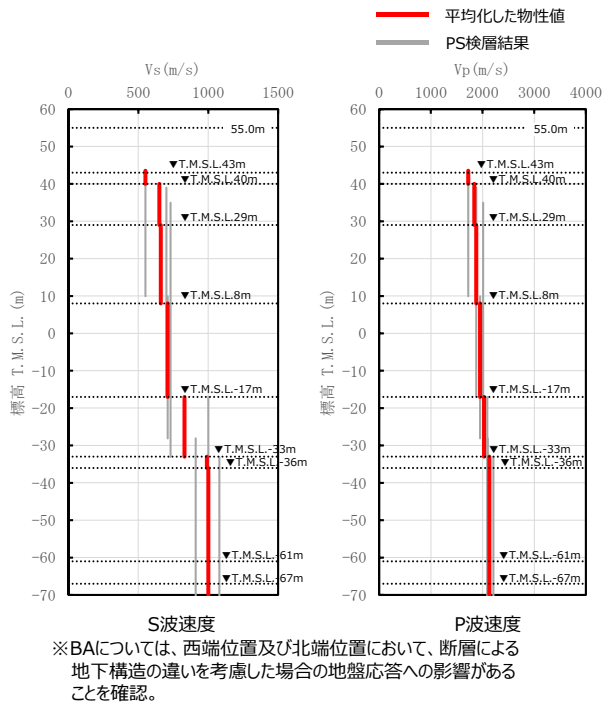
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.9 CAグループのデータ整理

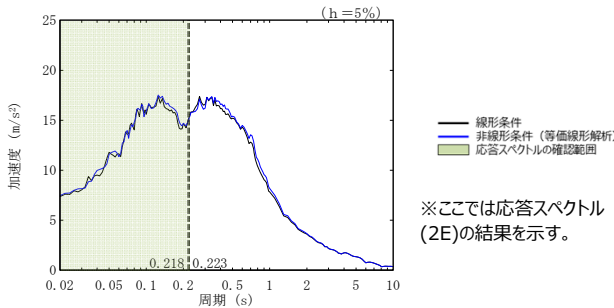
■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

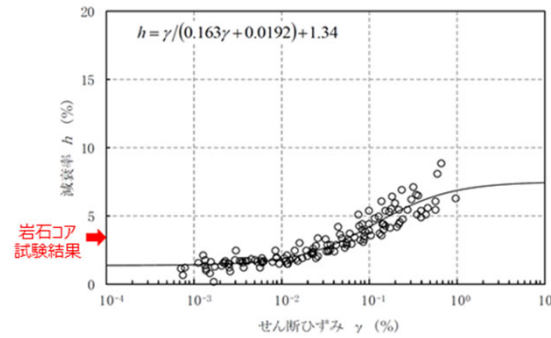
A: 岩盤部分の物性値等



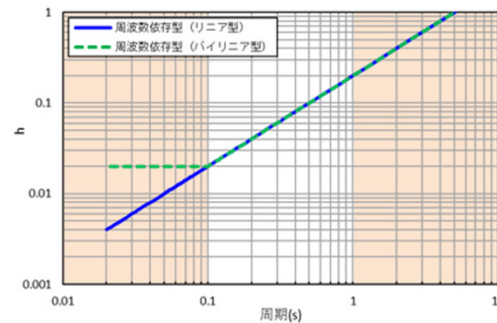
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



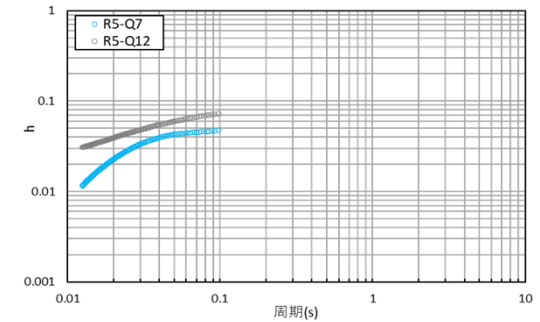
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



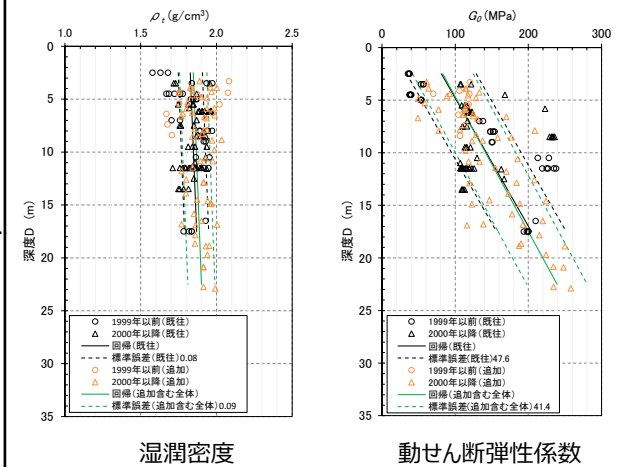
C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



4. データの整理

4.10 CBグループ

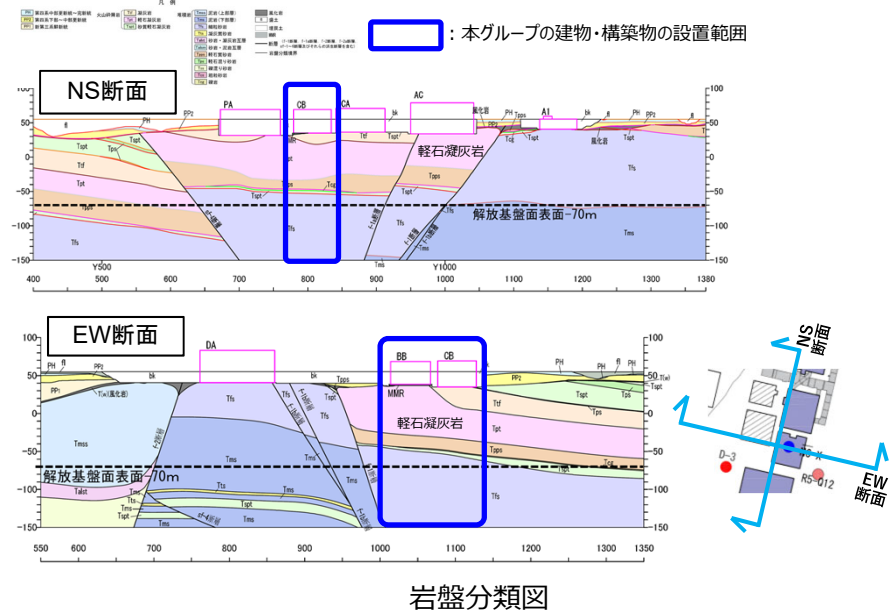
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.10 CBグループのデータ整理

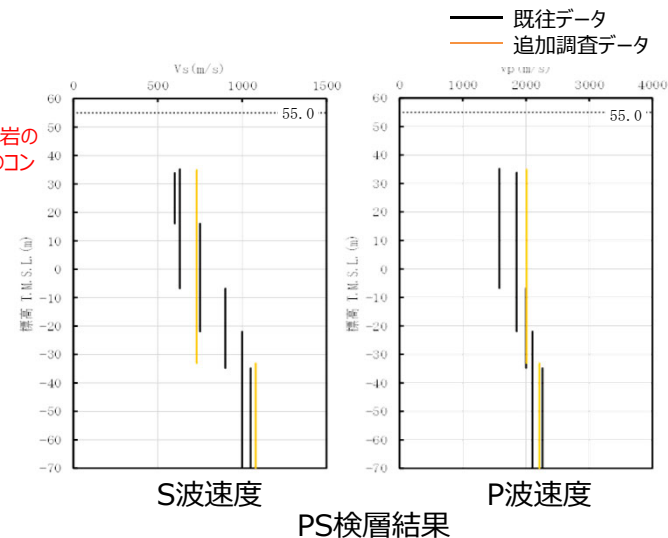
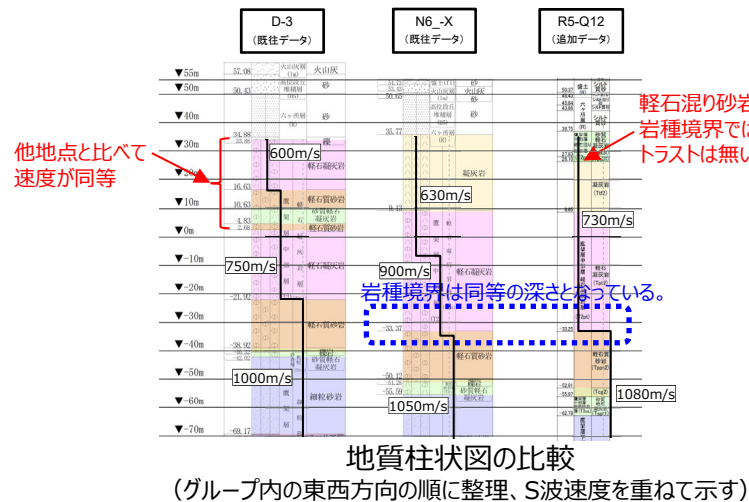
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層中部層の凝灰岩、軽石凝灰岩、軽石質砂岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - N6_-X孔及びR5-Q12孔については、凝灰岩と軽石凝灰岩及び軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界の深さが同等となっていることを確認。
 - D-3孔については、T.M.S.L.0m程度より浅部の岩種分布が他地点と異なるものの、T.M.S.L.15m以浅の速度はN6_-X孔と同等であり、T.M.S.L.15m以深の速度はR5-Q12と同等であることを確認。
 - R5-Q12孔の凝灰岩はN6_-X孔と比べ薄いものの、凝灰岩においては速度のコントラストは無いことを確認。
 - R5-Q12孔の浅部にN6_-X孔に見られない砂質軽石凝灰岩及び軽石混り砂岩が分布しているものの、当該深さにおいて速度のコントラストは無いことを確認。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



岩盤分類図



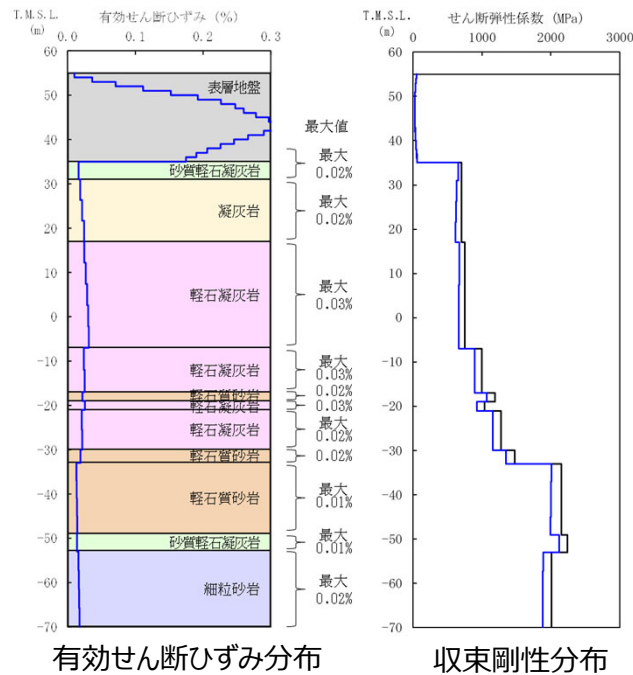
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

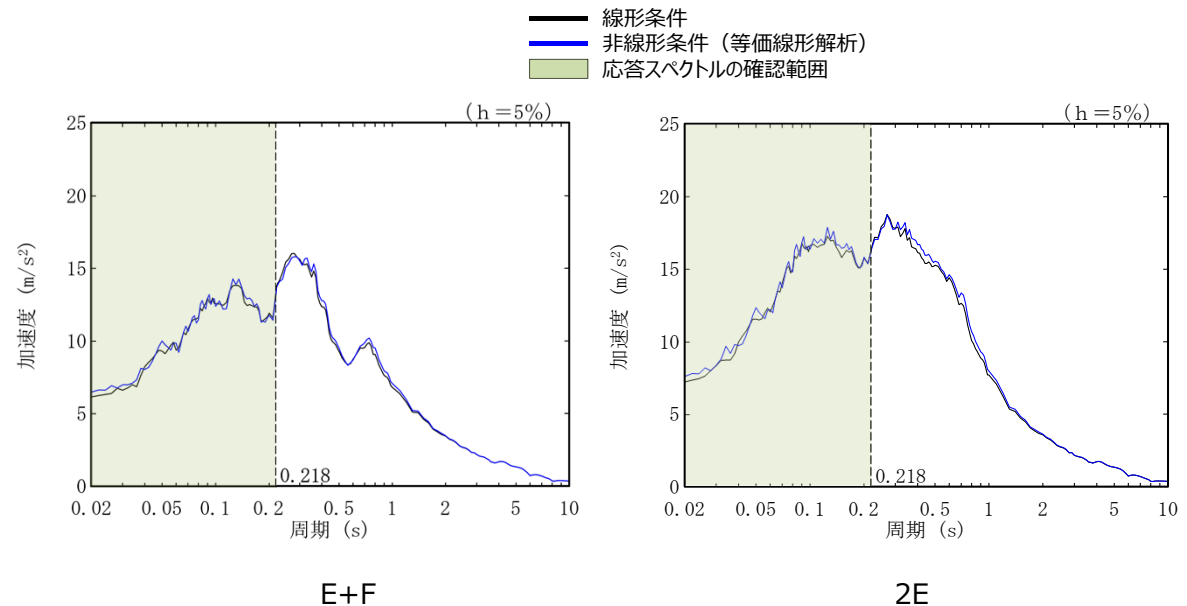
■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性の影響のみに着目した結果として、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性によって、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



地盤の等価線形解析結果 (CB)



注記：縦点線はCBの一次固有周期（NS方向及びEW方向）を示す。

線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較 (CB)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- CBグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

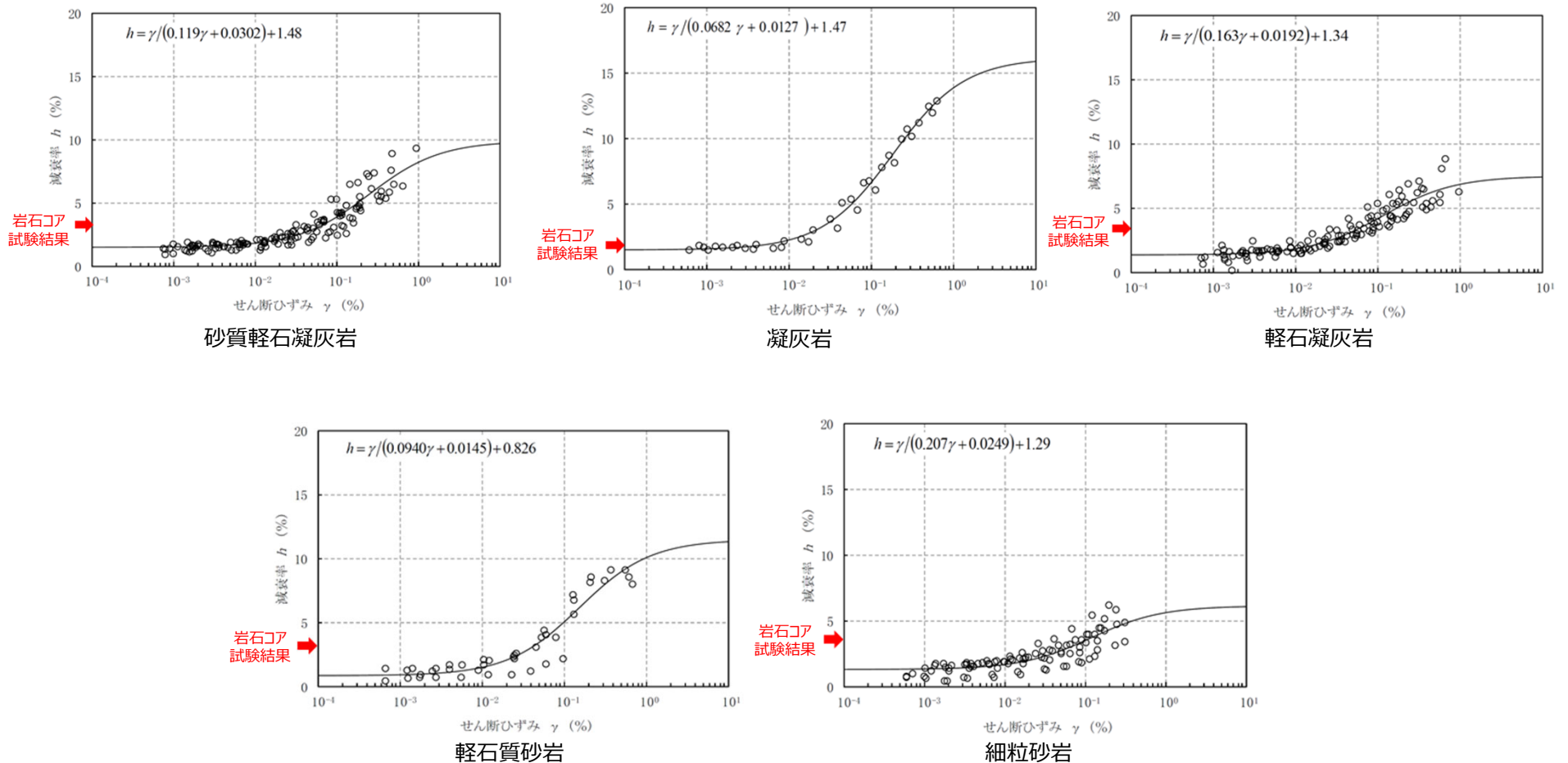
- CBグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験／C-2：岩石コア試験



岩盤部分のひずみ依存特性（h- γ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- CBグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

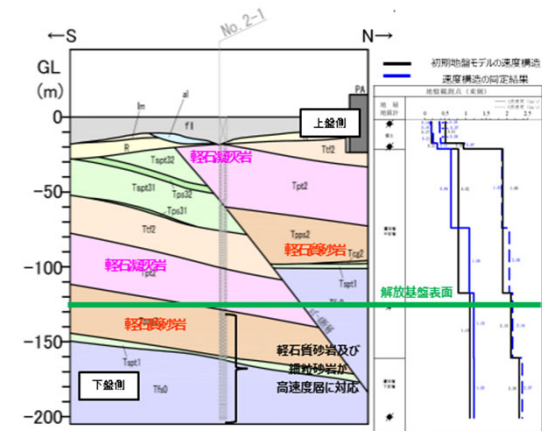
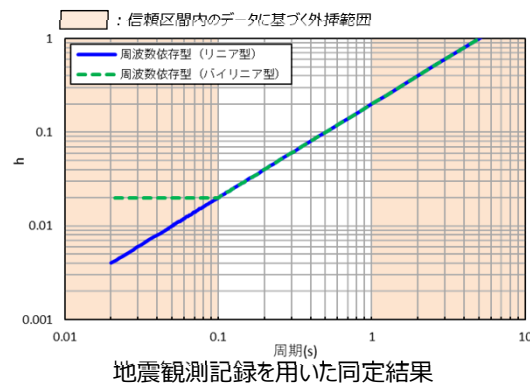


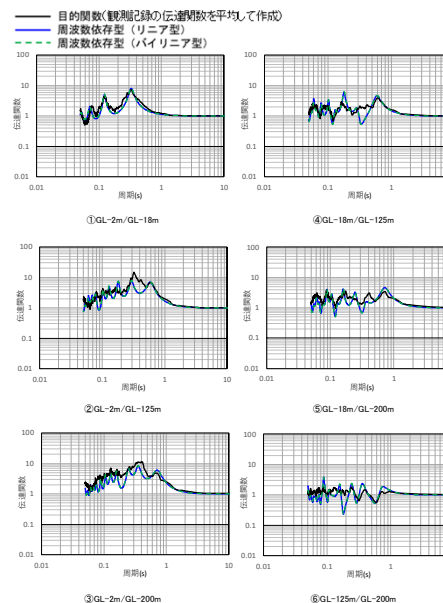
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



地震観測記録を用いた同定結果

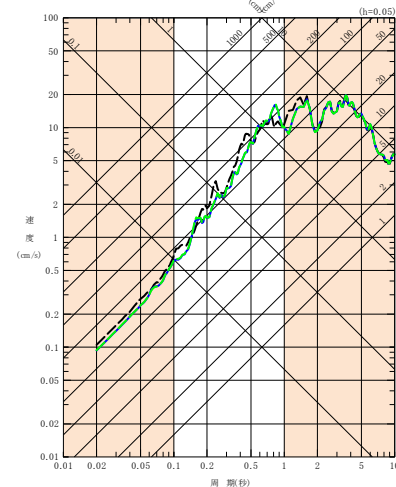
注1：地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2：佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



東側地盤観測点（水平）の伝達関数

: 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
— : 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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

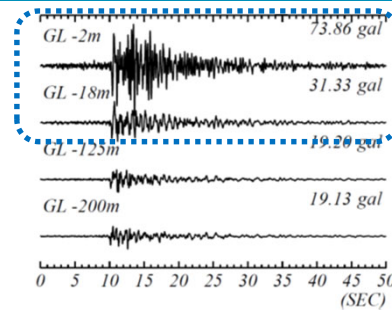
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

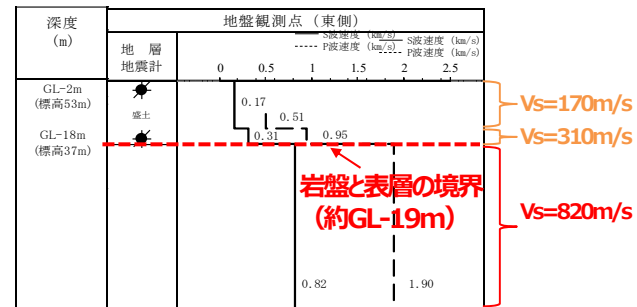
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

- CBグループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 東側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



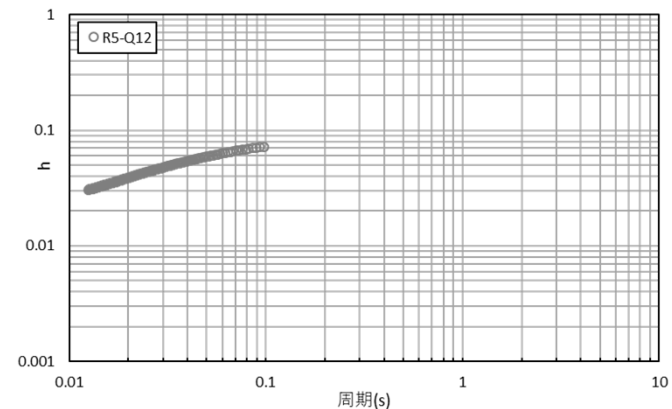
東側地盤
 ➔ 地表付近で後続波が現れ、時刻歴波形の形状が深部と異なる



表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、岩盤部分との速度構造のコントラストが大きい
 ➔ 表層地盤中の重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- CBグループでは、R5-Q12孔におけるS波検層結果を参照。
- CBグループのS波検層データは、全体として振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



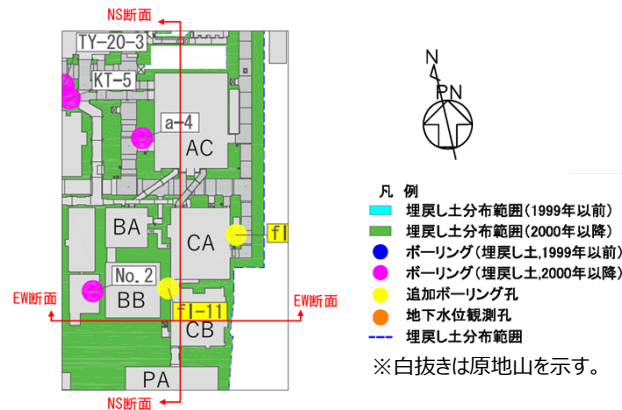
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

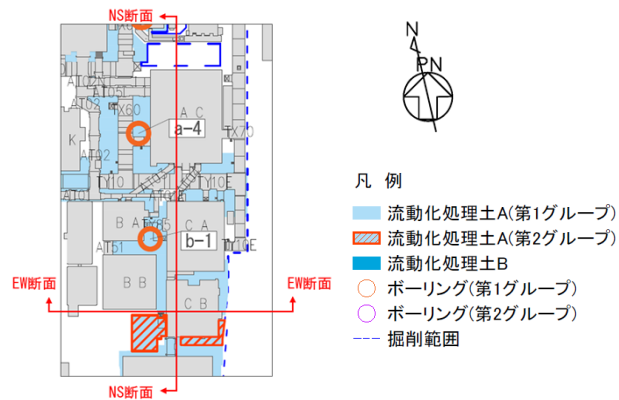
4.10 CBグループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

- CBグループの周囲は、表層地盤として2000年以降に施工した埋戻し土が分布。
- CB建屋については、洞道周辺や、建屋南側において、埋戻し土より剛性の大きい流動化処理土が分布している。
- また、建屋東側は山留掘削となっており、埋戻し土の分布範囲は狭いものの、建屋の3方向が埋戻し土よりも剛性の大きい地盤に囲まれている。
- 上記の通り、表層地盤には異なる埋戻し材料が混在しているが、剛性の小さい地盤を一律に考慮することで、地盤のひずみが大きく評価され、さらに、岩盤との剛性のコントラストが大きくなることにより表層地盤における地震動の増幅が大きくなる傾向となることを鑑み、表層地盤の物性値としては、2.において施工年代によらず同一に整理した埋戻し土における深度依存回帰を用いる。

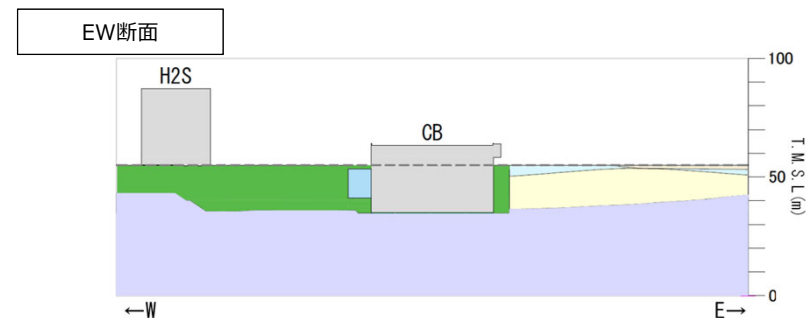
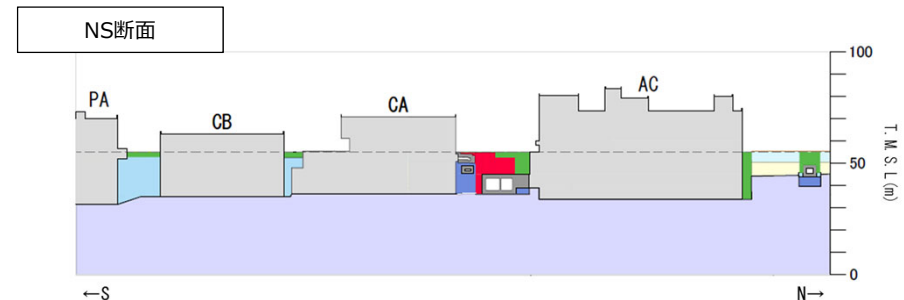
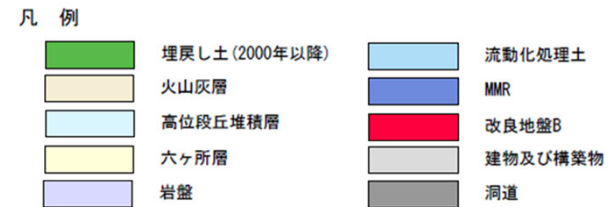


埋戻し土の分布図



流動化処理土の分布図

CBグループにおける表層分布図



CBグループにおける断面図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.10 CBグループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土と流動化処理土が分布しているが、表層地盤における地震応答が大きくなること、また地盤のひずみも大きくなることから、埋戻し土の深度依存回帰として整理。

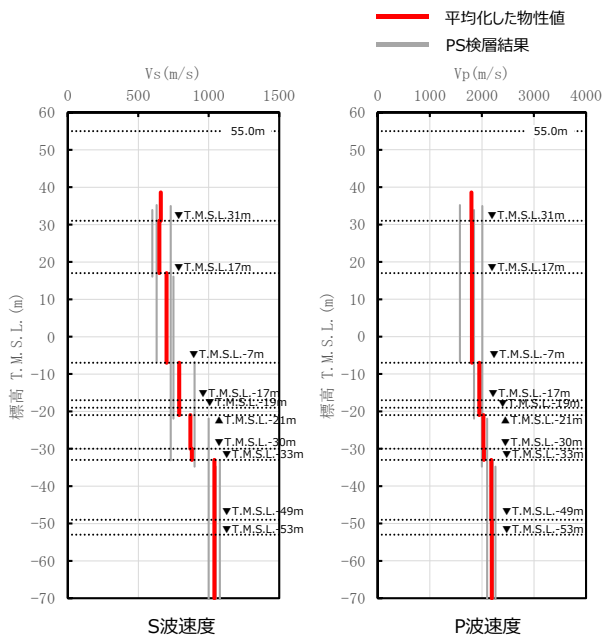
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.10 CBグループのデータ整理

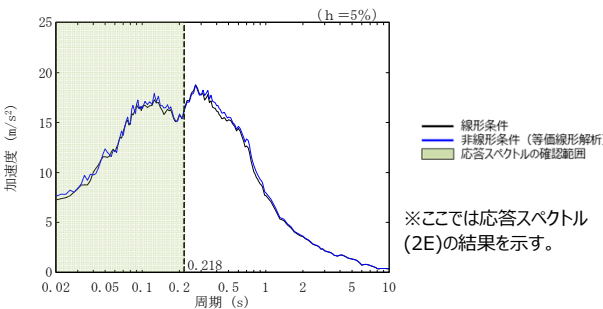
■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

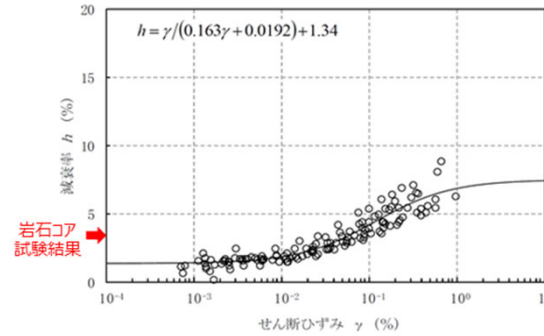
A: 岩盤部分の物性値等



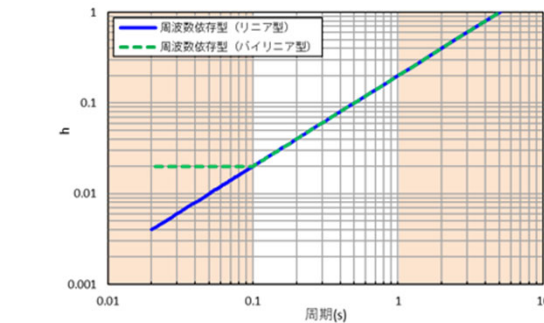
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



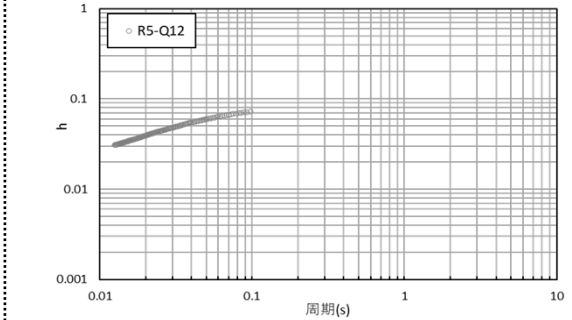
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



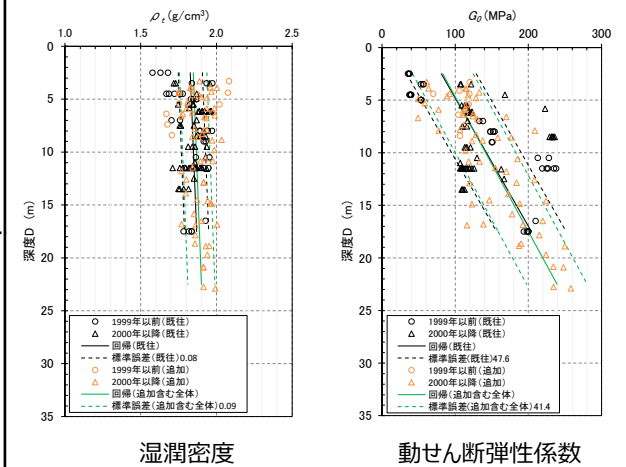
C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



4. データの整理

4.11 AZ周辺グループ

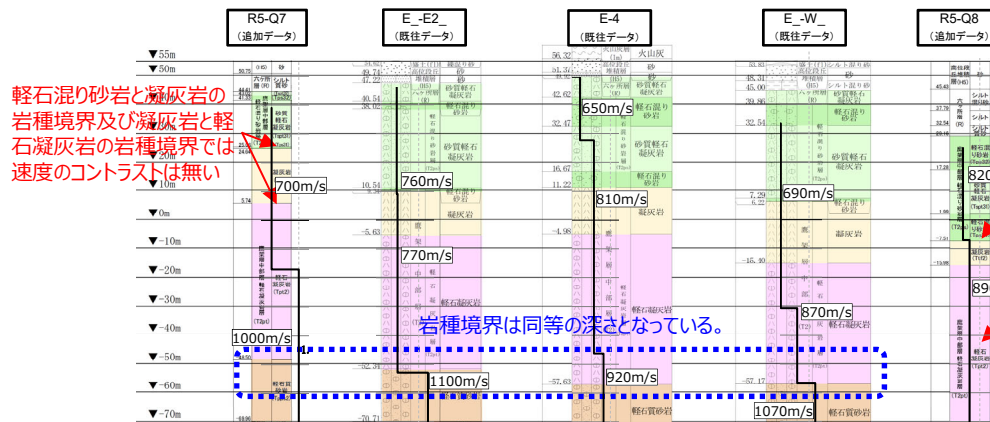
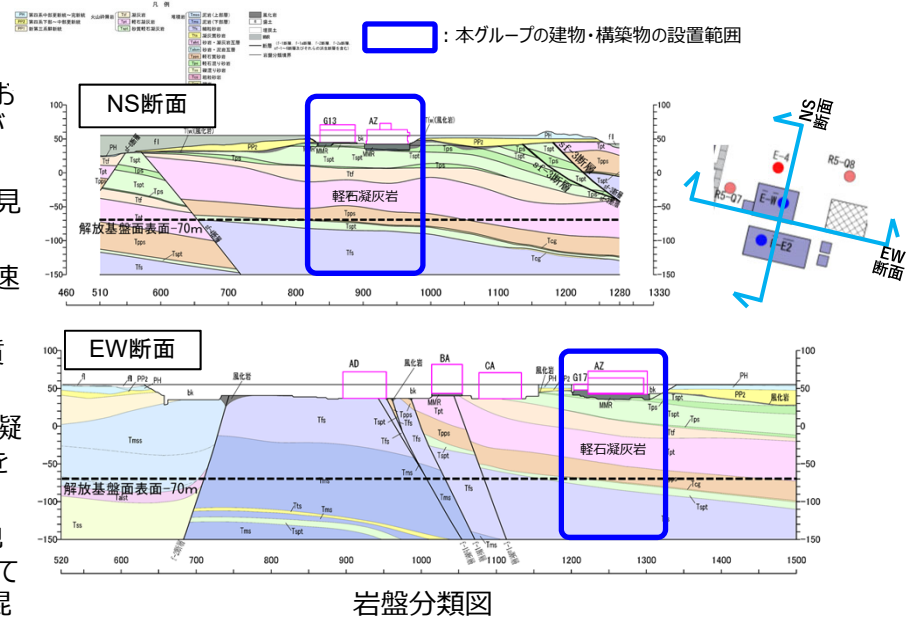
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

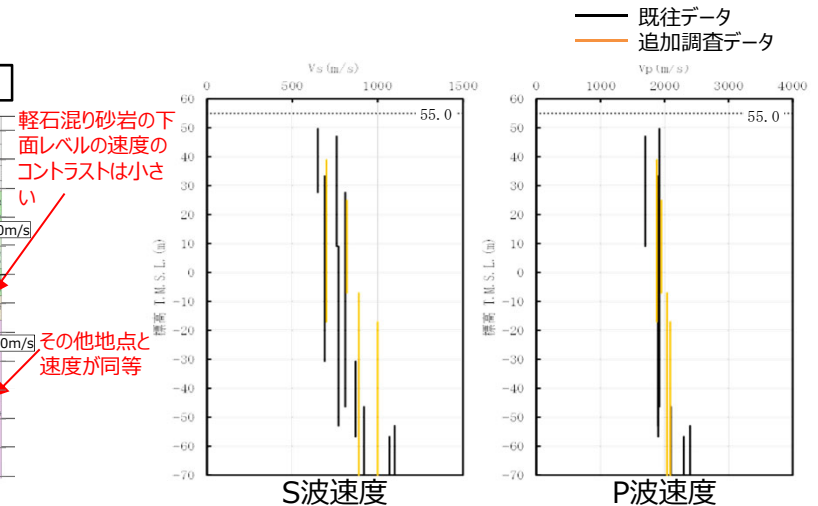
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層 (a.-①、a.-②)

- 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層中部層の砂質軽石凝灰岩、凝灰岩、軽石凝灰岩、軽石質砂岩が主に分布していることを確認した。
- 本グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- PS検層 (● + ● + ●) のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
 - E_-W_孔、E_-E2_孔、E-4孔及びR5-Q7孔については、軽石凝灰岩と軽石質砂岩の岩種境界の深さが同等となっていることを確認。
 - R5-Q7孔については、他地点と比べ、砂質軽石凝灰岩が薄く、凝灰岩及び軽石凝灰岩の岩種境界が浅いものの、岩種境界において、速度のコントラストは無いことを確認。
 - R5-Q8孔については、軽石凝灰岩が他地点と比べ厚くなっているものの、他地点の軽石凝灰岩の速度 ($V_s=770\sim 1000\text{m/s}$) と比較し、同等の速度となっている。また、軽石混り砂岩及び砂質軽石凝灰岩が深く分布しているものの、軽石混り砂岩の下面レベルに見られる速度のコントラストは小さい。
- 以上のことから、本グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できることから、平均化した物性値として整理する。



地質柱状図の比較
(グループ内の東西方向の順に整理、S波速度を重ねて示す)



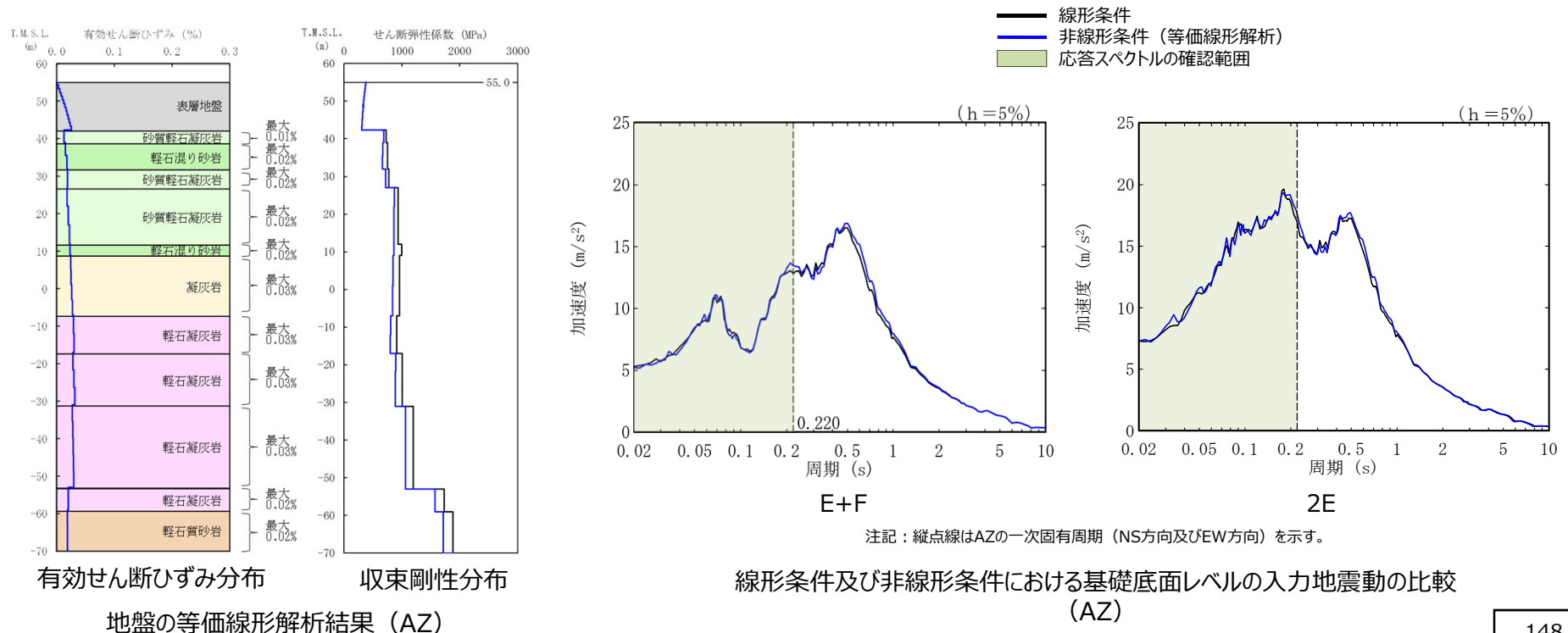
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及びE+F波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、AZ周辺については、施設の1次固有周期において、非線形条件と線形条件の応答スペクトルに差があるものの、その差は小さいことを確認。
- また、岩盤部分の剛性の非線形性による影響をより正確に確認する観点で、2E波による入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設の1次固有周期において、応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、岩盤部分の剛性の非線形性による影響をより正確に捉えた2E波による確認結果を踏まえ、大地震時に剛性が低下する可能性を有するものの、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いと判断。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- AZグループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

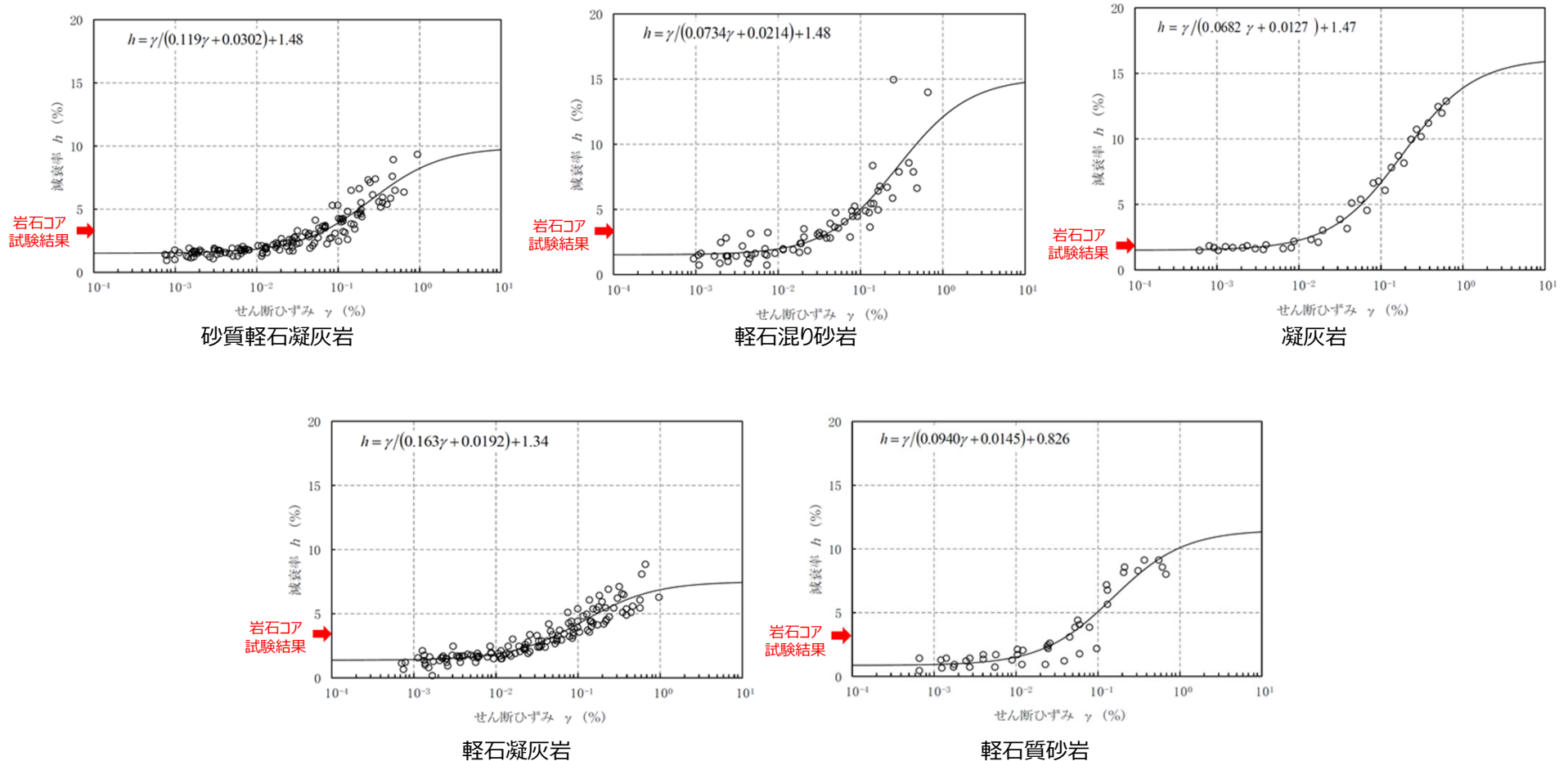
- AZグループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験／C-2：岩石コア試験



岩盤部分のひずみ依存特性（ h - γ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3：地震観測記録を用いた同定

- AZ周辺グループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

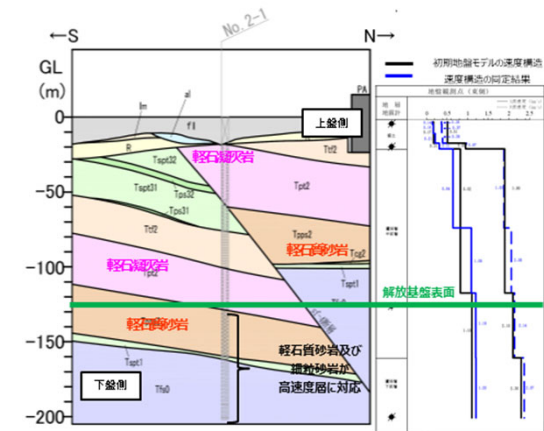
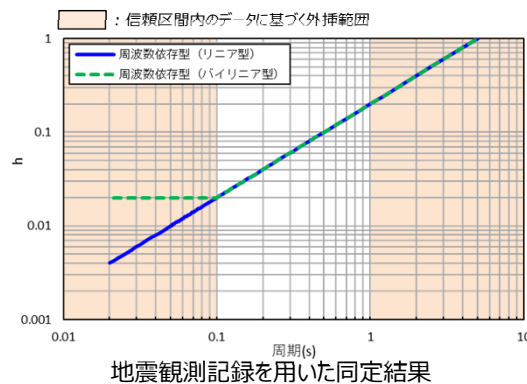


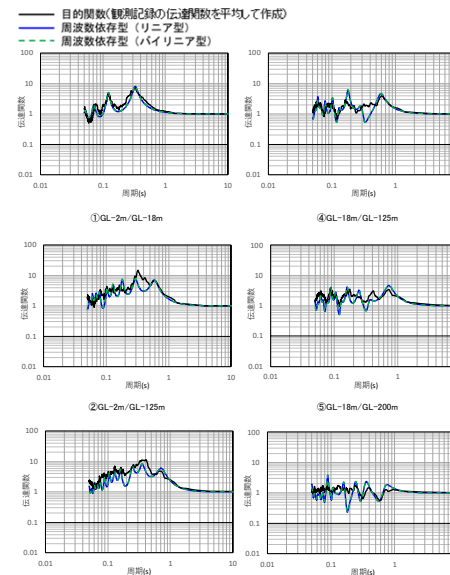
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



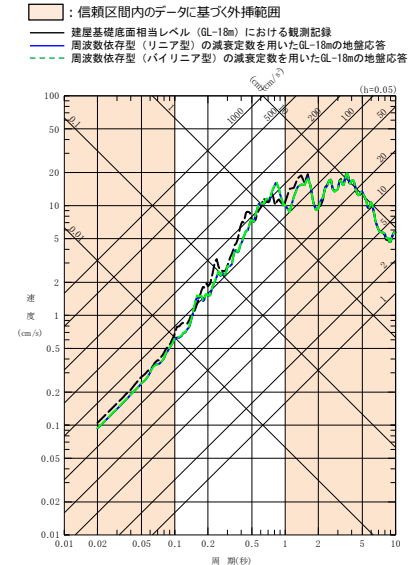
地震観測記録を用いた同定結果

注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



東側地盤観測点（水平）の伝達関数



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

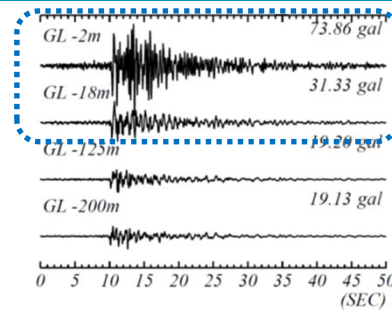
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

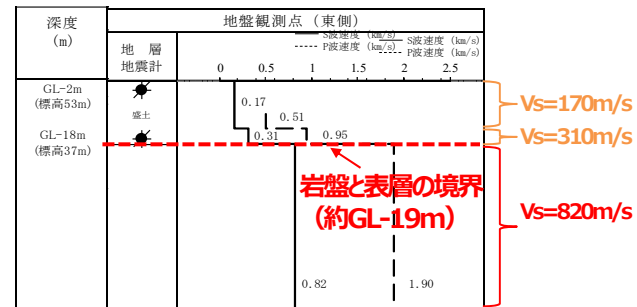
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

- AZ周辺グループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 東側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



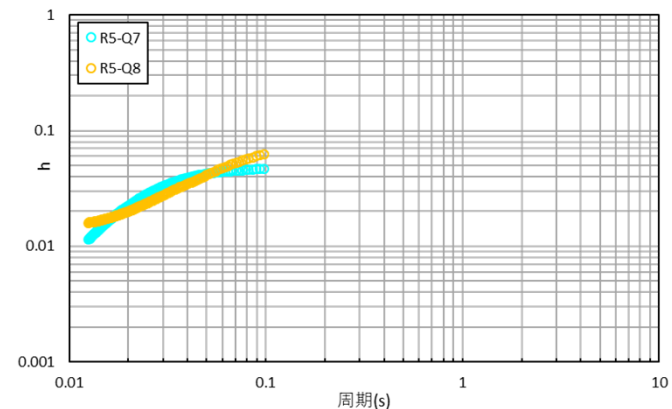
東側地盤
 ➔ 地表付近で後続波が現れ、時刻歴波形の形状が深部と異なる



表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、岩盤部分との速度構造のコントラストが大きい
 ➔ 表層地盤中の重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- AZ周辺グループでは、R5-Q7孔及びR5-Q8孔におけるS波検層結果を参照。
- AZ周辺グループのS波検層データは、R5-Q7孔において周期0.05sより長周期側の傾きは小さいものの、いずれの孔もごく短周期側では振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

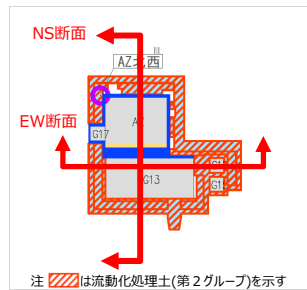
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ D. 表層地盤の物性値等

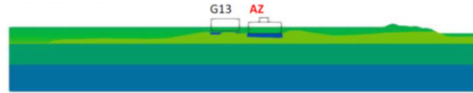
- AZ周辺グループの周囲は、表層地盤として流動化処理土が分布。
- 下図のとおり、流動化処理土の外側に原地山が分布しており、また、局所的に高配合流動化処理土及びベントナイト混合土が分布していることから、表層地盤としては流動化処理土よりも剛性の小さい原地山を一律に考慮することも考えられるが、本グループにおける流動化処理土は、オープン掘削が行われた比較的広い範囲に分布していることも踏まえ、流動化処理土を一律にモデル化することとした。
- この考え方に対しては、2つの解析モデルを用いた2次元周波数応答解析手法により影響検討を実施することにより確認を行った。
⇒表層領域（側方境界まで）を流動化処理土（第2グループ）で置換したケース（青線）と建屋近傍の掘削領域のみを流動化処理土（第2グループ）で置換したケース（橙線）では、基礎岩盤の応答に顕著な違いはない。
- 以上のことから、周辺地盤や局所的に分布する地盤の影響よりも流動化処理土の物性値が支配的であることを確認。

凡例

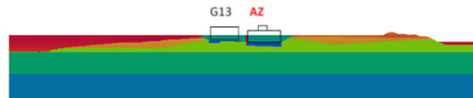


AZ周辺グループにおける表層分布図

流動化処理土（表層全域）

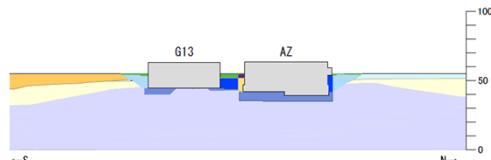


流動化処理土（建屋掘削部）+地山（周辺表層）

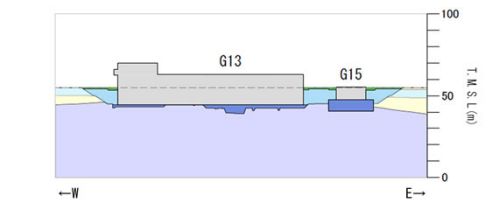


AZ及びG13（NS方向）解析断面のVs分布図

NS断面

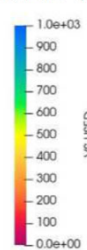


EW断面

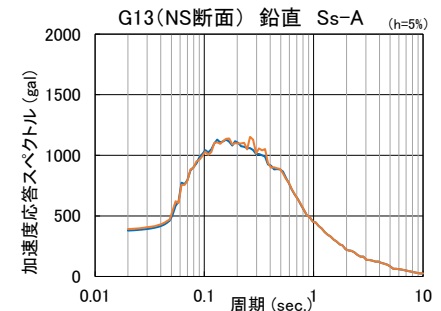
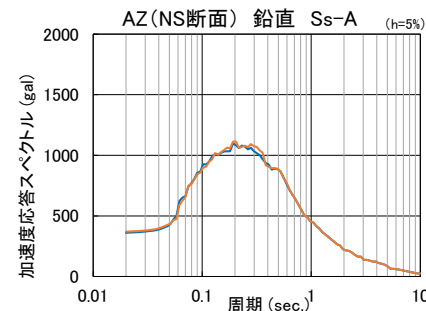
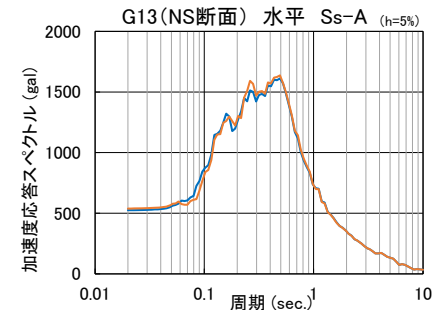
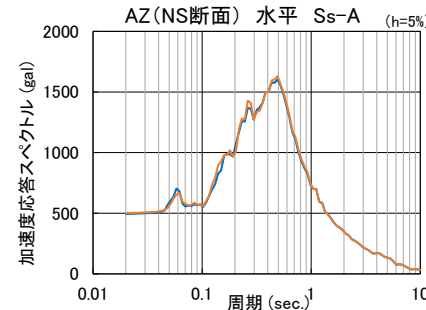
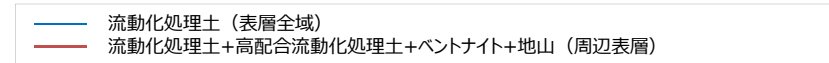


AZ及びG13断面図

Vs収束値 (m/s)



注 建屋はモデル化していない。



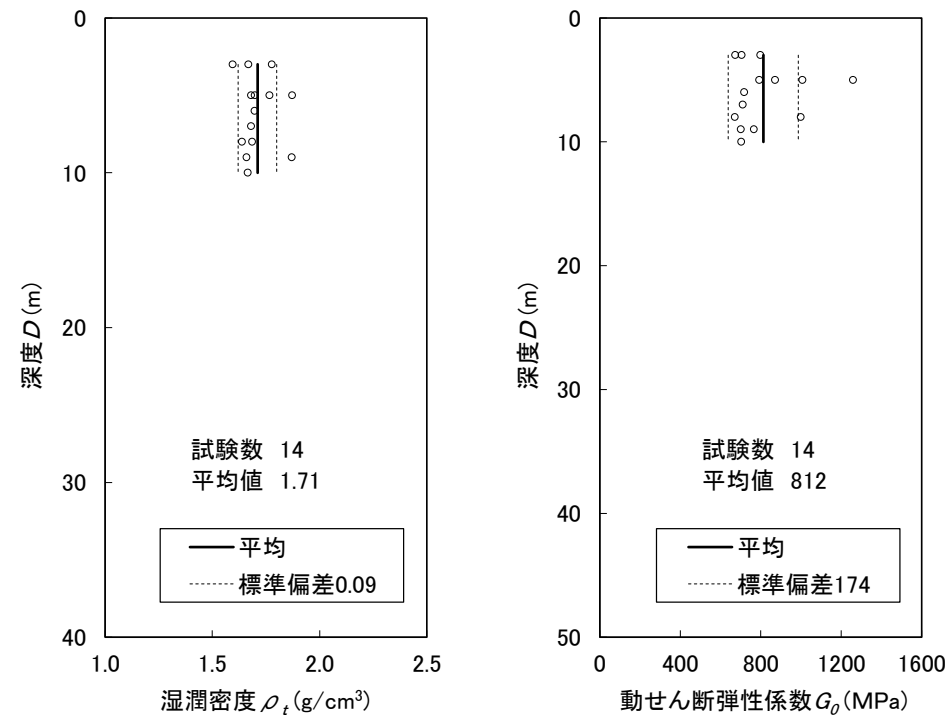
AZ及びG13（NS方向）底盤位置の応答スペクトル比較

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ D.表層地盤の物性値等

- 流動化処理土はセメント添加による人工材料であるため、一般的に土質材料のような深度依存（拘束圧依存）はないものと考えられることから、深度依存のない平均物性値として整理できる。



第2グループの湿潤密度 ρ_t 及び動せん断弾性係数 G_0 分布図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

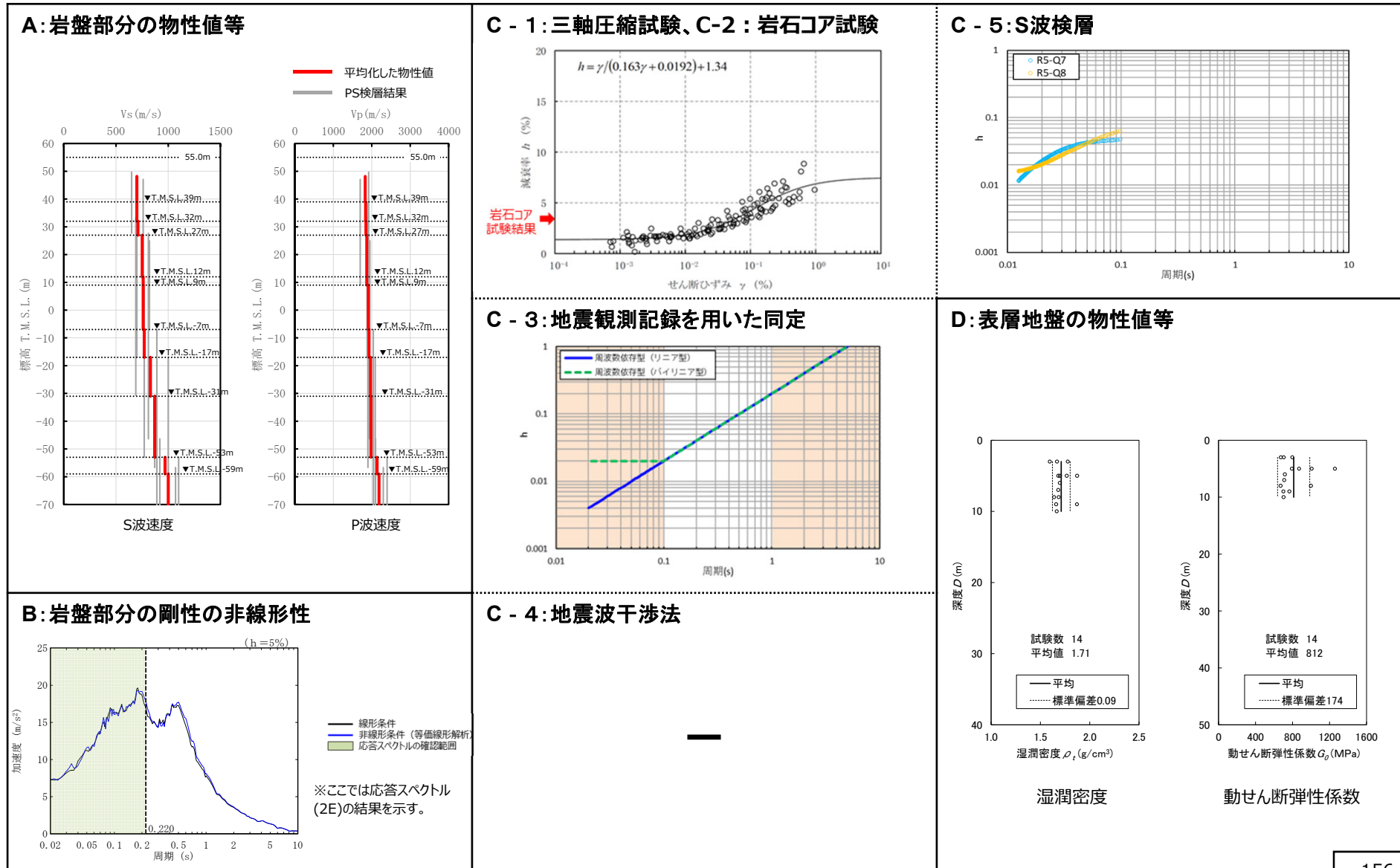
設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造におけるデータであると判断できることから、データを平均化した物性値として整理。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響はごく小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 流動化処理土（第2グループ）が分布しており、深度依存のない平均物性値として整理。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.11 AZ周辺グループのデータ整理

■ 整理結果のとりまとめ

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



4. データの整理

4.12 G14グループ

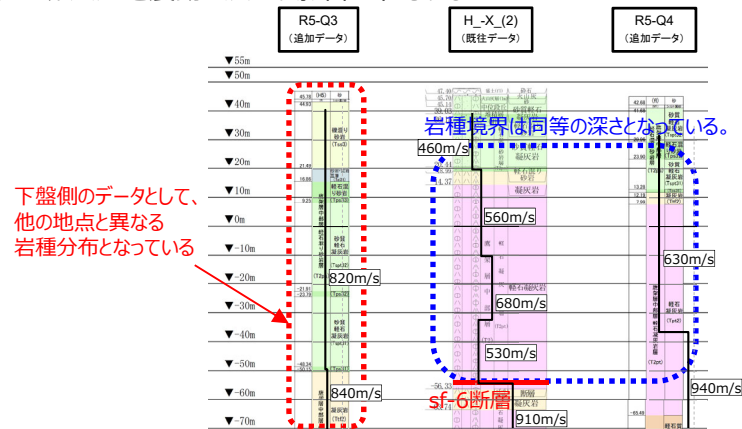
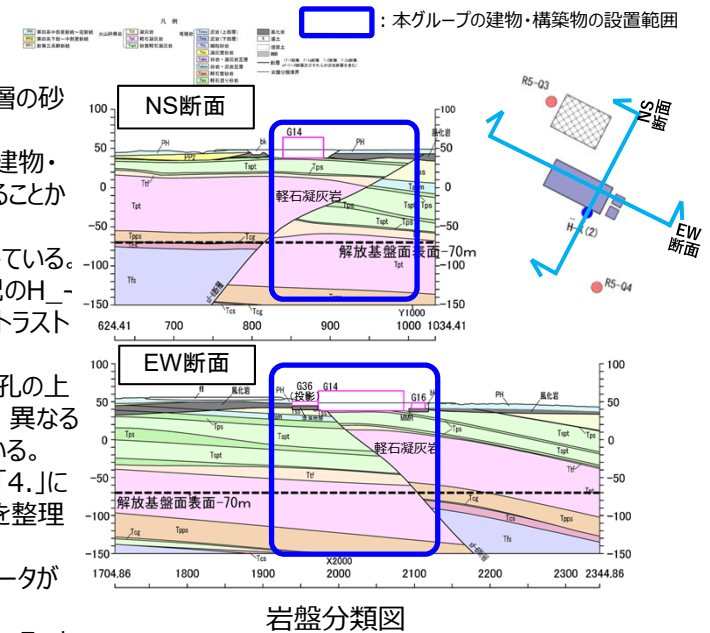
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

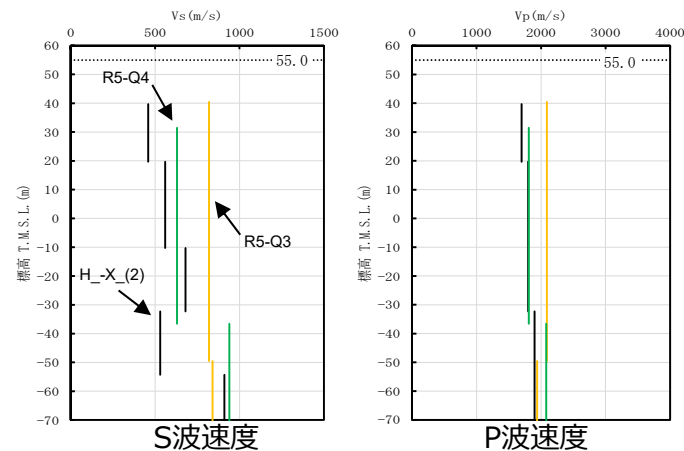
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）

- ▶ 岩盤分類図を用いて本グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層中部層の砂質軽石凝灰岩、軽石凝灰岩が主に分布していることを確認した。
- ▶ PS検層（●+●+●）のうち、本グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。なお、G14グループ内においては、sf-6断層が分布していることから、グループ内の各孔において、地下構造の特徴として異なる傾向を示している。
 - H-X(2)孔においては、深部においてsf-6断層がみられ、断層の上盤側、下盤側で地質構造の差が生じている。
 - R5-Q3孔は、断層の下盤側のみデータとなっており、砂質軽石凝灰岩が厚く分布している。このため、上記のH-X(2)孔と比較して、地質構造が異なるとともに、速度構造についても、速度の大きさ及び速度のコントラストは異なる傾向となっている。
 - R5-Q4孔は、断層の上盤側のみデータとなっており、軽石凝灰岩が厚く分布している。上記のH-X(2)孔の上盤側のデータと比較すると、同じ地質構造となっているものの、H-X(2)孔の下盤側のデータと比較すると、異なる地質構造となっている。また、速度構造としては、速度の大きさ及び速度のコントラストも傾向として異なっている。
- ▶ 以上のことから、G14グループにおけるPS検層データについては、同じ地下構造であると判断できないことから、「4.」に示したとおり、データの平均化は行わず、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、各施設個別に物性値を整理する。
- ▶ G36については、下盤側の地盤に設置され、下盤側の地盤が支配的なエリアであることを踏まえ、下盤側のデータが得られているR5-Q3孔を用いる。
- ▶ G16については、断層の上盤側の地盤に設置され、また、G14については大半が上盤側の地盤に設置されていることから、両者は上盤側の地盤が支配的なエリアとなっていることを踏まえ、R5-Q4孔及びH-X(2)孔を用いる。
- ▶ さらに、G14については、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認する。



地質柱状図の比較（グループ内の東西方向の順に整理）



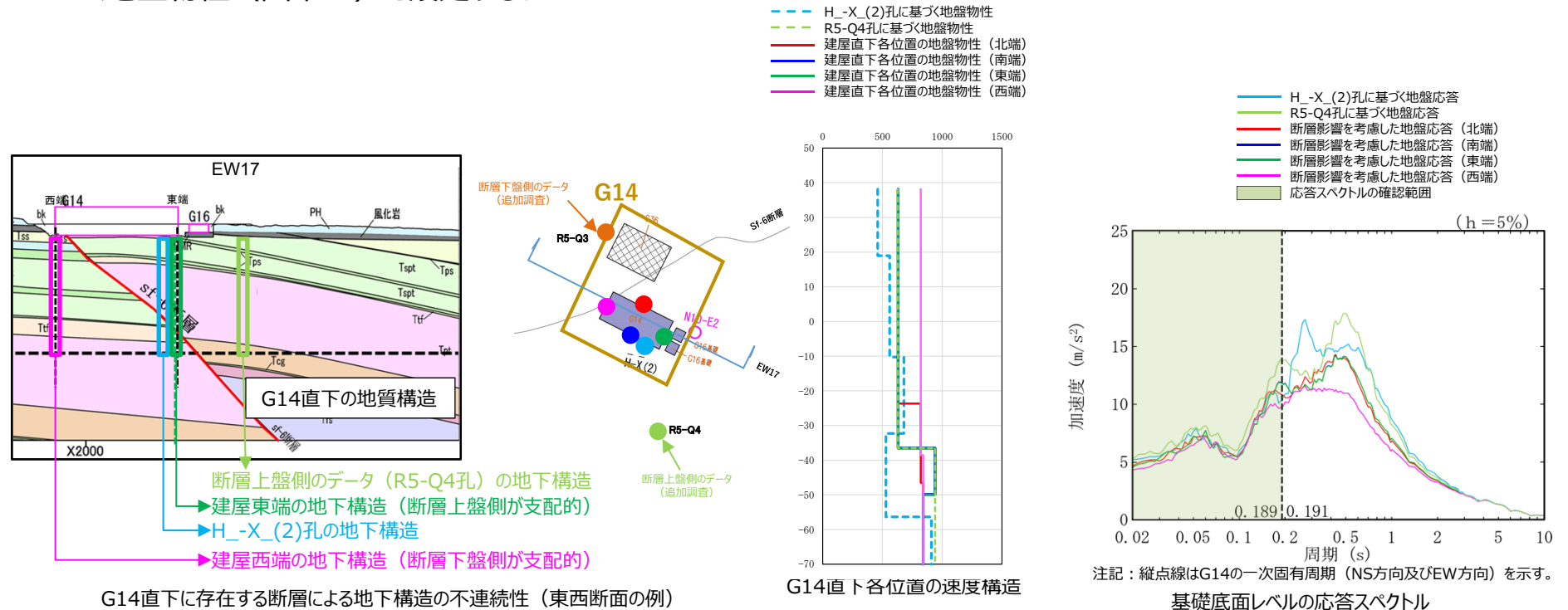
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ A. 岩盤部分の物性値等

● 断層等の影響により、グループ内で地質構造が異なる場合の地盤応答への影響（G14グループ）

- G14については、直下において断層を境として異なる岩種の分布が確認されることから、断層による岩種分布の違いが入力地震動へ及ぼす影響を確認。
- 建屋直下各位置の地盤物性（図中●, ●, ●, ●）に対して、R5-Q4孔に基づく地盤物性（図中●）、H-X(2)孔に基づく地盤物性（図中●）は、建屋1次固有周期及び短周期側で大きな地盤応答を与えている。
- このことから、断層による地盤応答への影響は小さいため、R5-Q4孔に基づく地盤物性（図中●）及びH-X(2)孔に基づく地盤物性（図中●）を設定する。



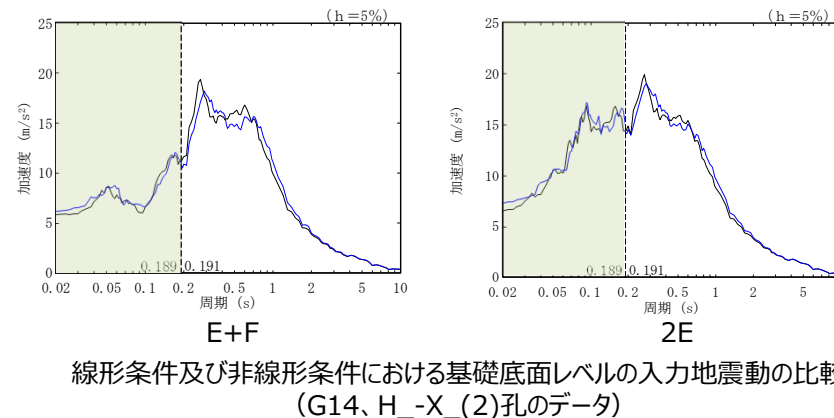
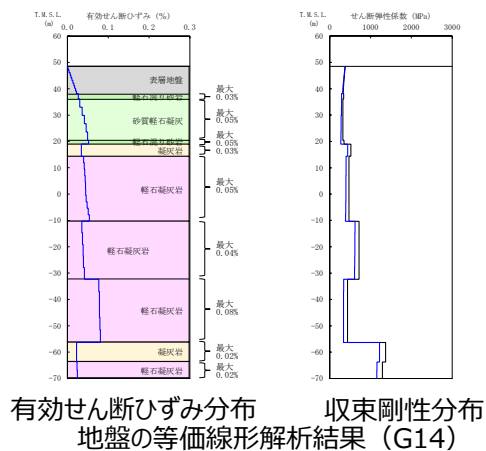
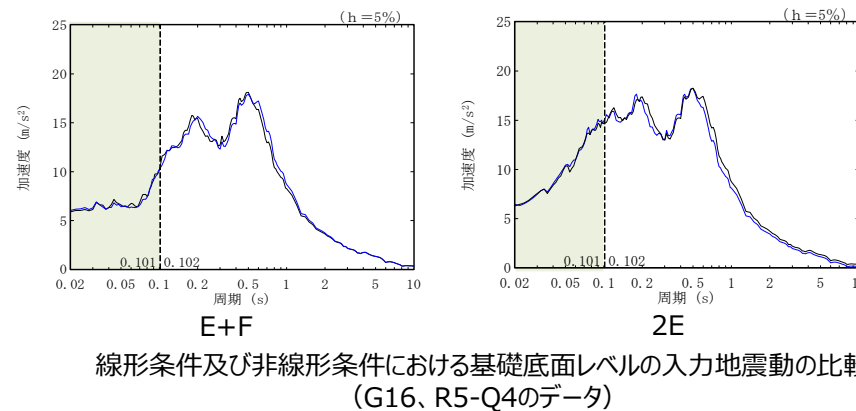
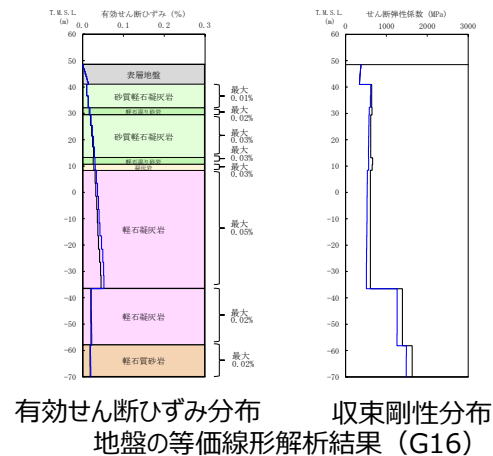
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.12 G14グループのデータ整理

■ B. 岩盤部分の剛性の非線形性

● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認 (G14、G16)

- 「A. 岩盤部分の物性値等」に示たとおり、G14、G16については、R5-Q4孔及びH_-X_(2)孔それぞれに基づく岩盤部分の物性値等を用い、以下の内容について確認した。
- R5-Q4孔のデータに対して、非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及び入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- H_-X_(2)孔のデータに対して、施設固有周期よりも短周期において、非線形条件と線形条件の応答スペクトルに差があるものの、その差は小さいことを確認。
- 以上のことから、R5-Q4孔のデータに対しては、剛性の非線形性による影響は無いと判断した。H_-X_(2)孔のデータに対しては、剛性の非線形性による影響が否定できないことから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。



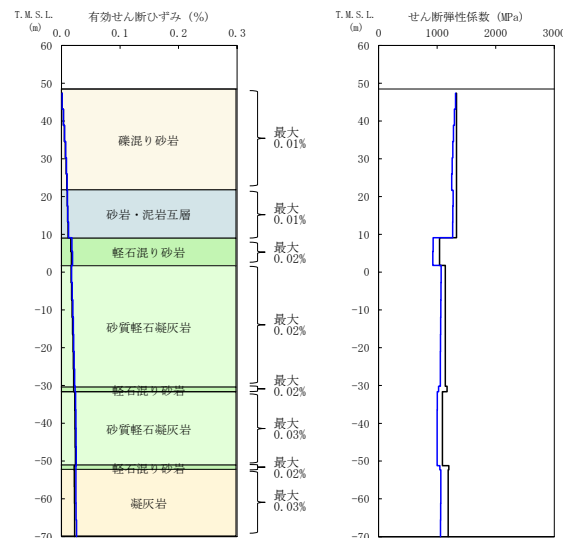
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ B. 岩盤部分の剛性の非線形性

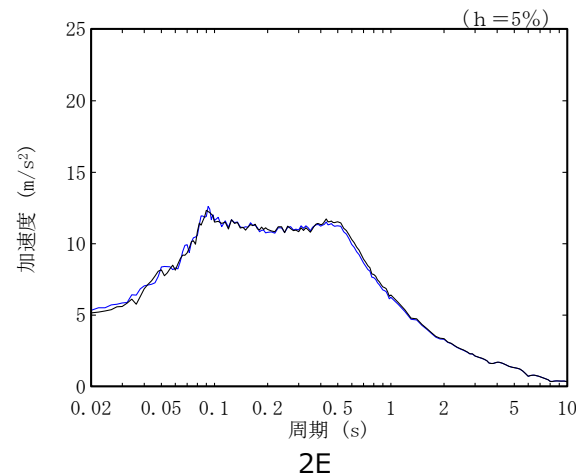
● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認（G36）

- 「A. 岩盤部分の物性値等」に示したとおり、G36については、R5-Q3孔に基づく岩盤部分の物性値等を用い、以下の内容について確認した。
- R5-Q3孔のデータに対して、非線形条件とした場合と線形条件とした場合の地盤のせん断ひずみ度及び入力地震動の応答スペクトルを比較した結果、施設固有周期より短周期において応答スペクトルの大きさが一致することを確認。
- 以上のことから、R5-Q3孔のデータに対しては、Ss地震時には、岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響は無いことを確認した。



有効せん断ひずみ分布
地盤の等価線形解析結果（G36）

収束剛性分布



線形条件及び非線形条件における基礎底面レベルの入力地震動の比較
(G36、R5-Q3孔に基づく物性値)

— 線形条件
— 非線形条件（等価線形解析）

注記：G36は可搬型重大事故等対処設備の外部保管エリアであり、上部構造を有さない基礎であることから、固有周期は記載しない。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

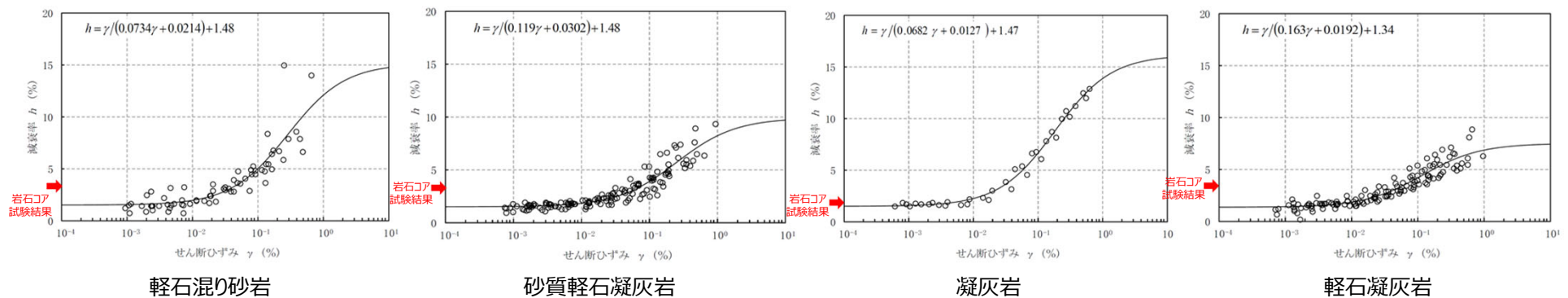
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 三軸圧縮試験において元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数（せん断ひずみ $10^{-2}\%$ 以下）における減衰定数の値は、概ね一定に収束している。
- G14グループにて考慮する岩種のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ ）によれば、地盤の材料減衰は、地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。

● C-2：岩石コア試験

- G14グループにて考慮する岩種の岩石コア試験（パルスライズタイム法）に基づく材料減衰は、三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る結果が得られている。
- この傾向は、スペクトル比ほど顕著ではないと考えられるものの、試験におけるリファレンス（アルミ供試体）と岩石コアの透過波の周波数成分の乖離が影響し、減衰を大きく評価したためであると考えられる。



岩盤部分のひずみ依存特性（ $h-\gamma$ 曲線）及び岩石コア試験結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-3 : 地震観測記録を用いた同定

- G14グループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、リニア型及びバイリニア型の減衰定数の周波数依存性を仮定し、以下のとおり減衰定数を同定。
- 減衰定数の同定結果の信頼区間は周期0.1s～1sの範囲であるが、その範囲外の周期に外挿した設定を行った上で、地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施。
- シミュレーション解析の結果、リニア型及びバイリニア型ともに、外挿範囲も含む全周期帯において、シミュレーション解析結果は地震観測記録をよく説明する結果が得られたことから、減衰定数は適切に同定されている。

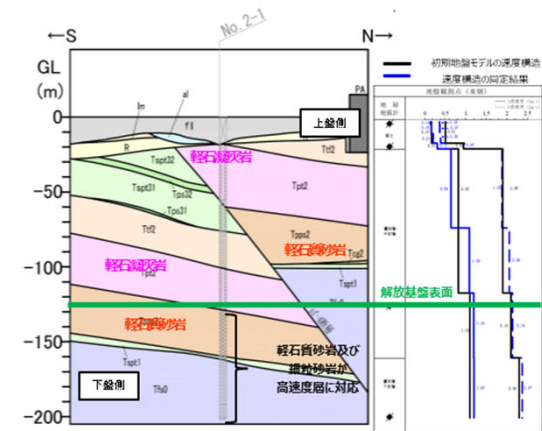
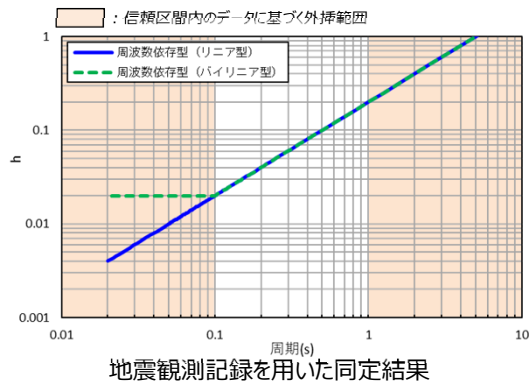


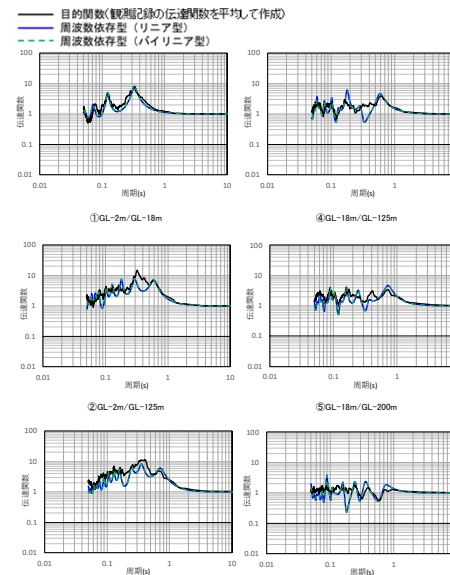
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果



地震観測記録を用いた同定結果

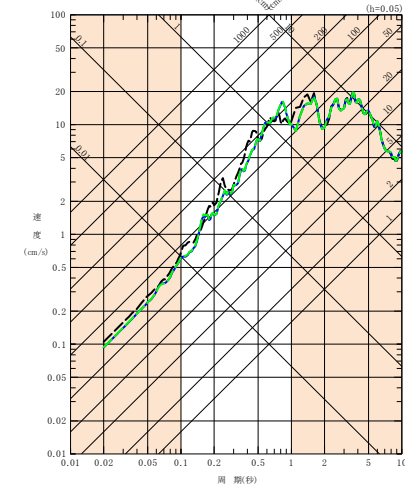
注1: 地震観測記録を用いた同定結果において観測記録との整合性の良い0.1sよりも長周期側が信頼区間となるが、シミュレーション解析を行う上で、0.1sよりも短周期側の減衰定数を設定する必要があるため、0.1sよりも短周期側については、各ケースの評価された減衰定数を外挿して設定。また、シミュレーション解析上は $h=1.0$ で頭打ちとなるよう設定している。

注2: 佐藤ほか(2006)においては周期1s以上の長周期側を解析対象外としているが、シミュレーション解析において長周期側も含んだ応答スペクトルの評価を行うことから、長周期側にも解析対象を拡張している。



東側地盤観測点（水平）の伝達関数

: 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲
— : 建屋基礎面相当レベル (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



(2011年3月11日14:46 (M9.0) EW成分の例)

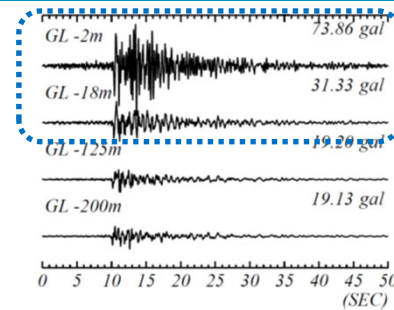
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

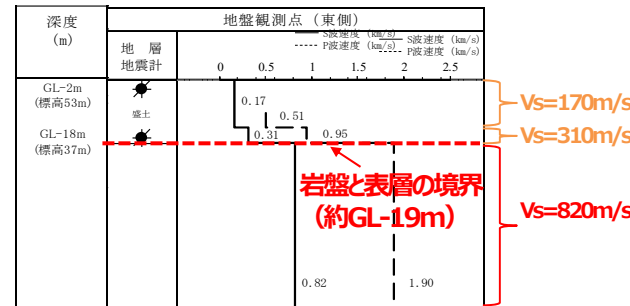
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-4 : 地震波干渉法

- G14グループでは、東側地盤観測点の地震観測記録を用い、地震波干渉法の適用性を検討。
- 東側地盤においては、地震波の重複反射による影響が大きく、表層地盤における地盤応答が複雑な傾向となっている。
- 表層地盤における波形が、単純な入射と反射の現象とは異なる傾向を示す場合には、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討はできないと判断した。



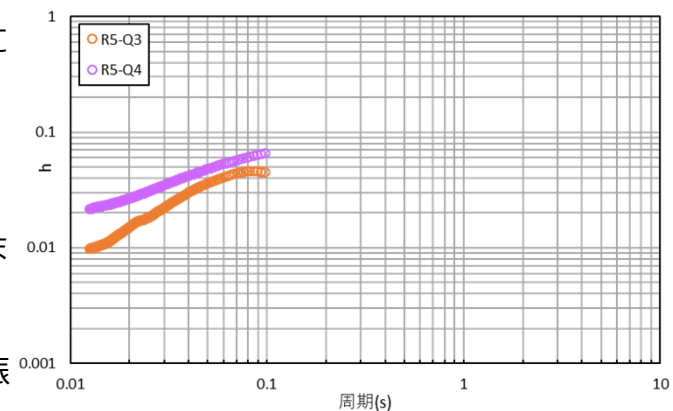
東側地盤
 ➔ 地表付近で後続波が現れ、時刻歴波形の形状が深部と異なる



表層地盤の層厚が中央地盤と比較して大きく、岩盤部分との速度構造のコントラストが大きい
 ➔ 表層地盤中の重複反射による影響が大きい

● C-5 : S波検層

- G14グループでは、「A. 岩盤部分の物性値等」で整理したとおり、グループ内のデータより、同じ地下構造であると判断できないことから、断層の下盤側と上盤側それぞれにおいて、参照するデータを選定する。
- G36については、下盤側の地盤が支配的なエリアであることを踏まえ、下盤側の地盤のデータとして得られているR5-Q3孔におけるS波検層データを参照する。
- G14及びG16については、上盤側の地盤が支配的なエリアであることを踏まえ、上盤側の地盤のデータとして得られているR5-Q4孔におけるS波検層データを参照する。また、G14直下においては、断層により下盤側の地盤も分布することから、上記と合わせて、R5-Q3孔におけるS波検層データも参照する。
- G14グループのS波検層データは、それぞれ傾きは小さいものの、ごく短周期側まで振動数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。



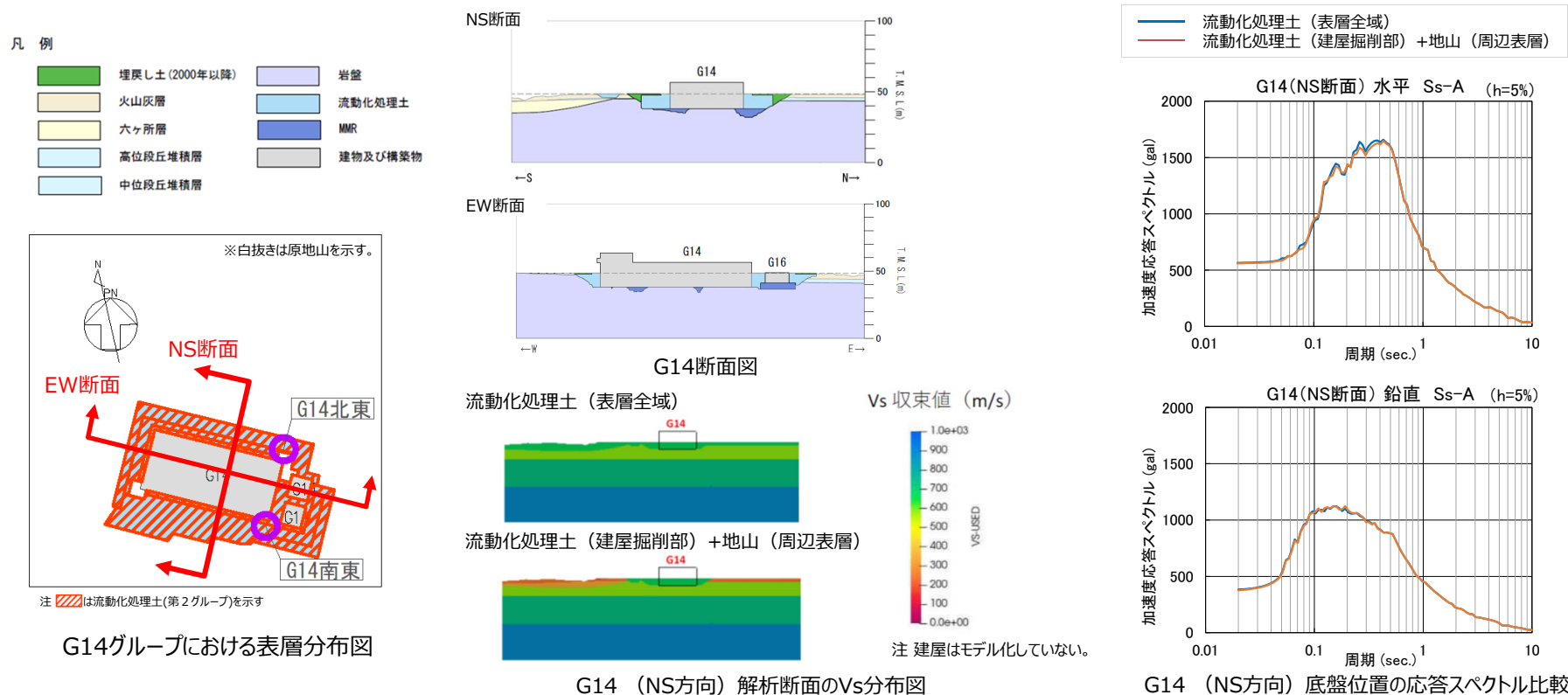
グループ内のS波検層結果の傾向分析結果

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ D.表層地盤の物性値等

- G14グループの周囲は、表層地盤として流動化処理土が分布。
- 下図のとおり、流動化処理土の外側に原地山が分布していることから、表層地盤としては流動化処理土よりも剛性の小さい原地山を一律に考慮することも考えられるが、本グループにおける流動化処理土は、オープン掘削が行われた比較的広い範囲に分布していることも踏まえ、流動化処理土を一律にモデル化することとした。
- この考え方に対しては、2つの解析モデルを用いた2次元周波数応答解析手法により影響検討を実施することにより確認を行った。
⇒表層領域（側方境界まで）を流動化処理土（第2グループ）で置換したケース（青線）と建屋近傍の掘削領域のみを流動化処理土（第2グループ）で置換したケース（橙線）では、基礎岩盤の応答に顕著な違いはない。
- 以上のことから、周辺地盤の影響よりも流動化処理土の物性値が支配的であることを確認。

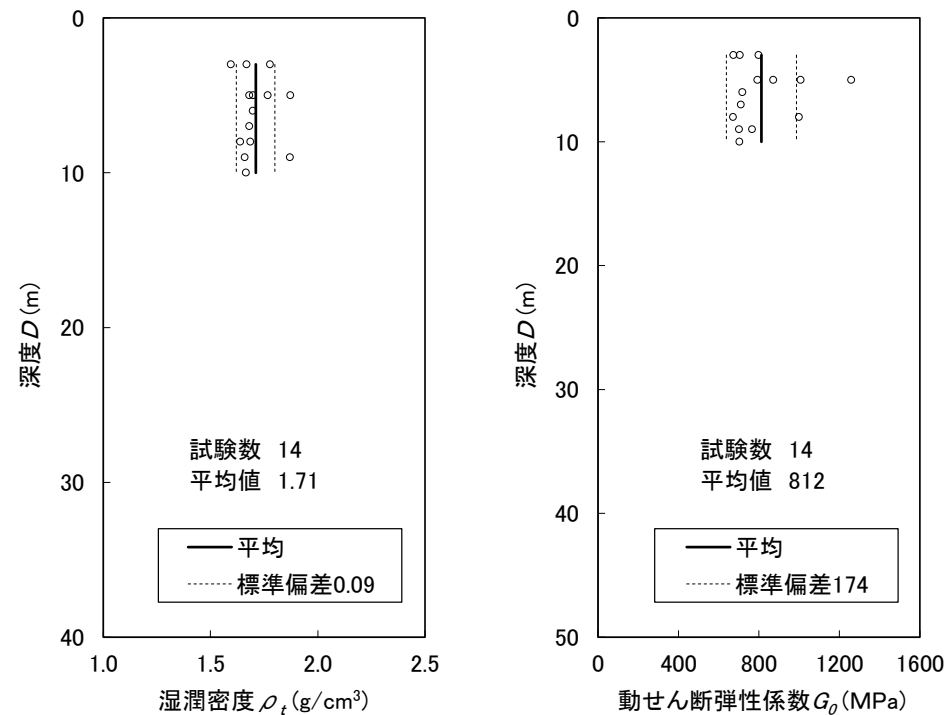


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ D.表層地盤の物性値等

- 流動化処理土はセメント添加による人工材料であるため、一般的に土質材料のような深度依存（拘束圧依存）はないものと考えられることから、深度依存のない平均物性値として整理できる。



第2グループの湿潤密度 ρ_t 及び動せん断弾性係数 G_0 分布図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.12 G14グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ

➤ 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。

設定するパラメータ	A.岩盤部分の物性値等	B.岩盤部分の非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚、 V_s, V_p, ρ)	ひずみ依存特性 ($G/G_0-\gamma$ 関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G_0, γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
科学的な着目点	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果は各地点における同じ地下構造ではないことから、各施設個別に物性値を整理。 断層による入力地震動への影響は小さいことを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q4孔及びR5-Q3孔においては、岩盤部分の非線形性が入力地震動の算定結果に及ぼす影響は無い。 H-X_(2)孔においては、岩盤部分の剛性の非線形性による影響は小さいものの、否定はできないことから、設計に用いる地盤モデルの設定において留意する。 	<ul style="list-style-type: none"> 元となっているデータのばらつき幅は小さく、線形状態に対応する減衰定数の値は概ね一定に収束。 地盤のせん断ひずみが大きくなり、非線形化が進行するほど増大する傾向。 	<ul style="list-style-type: none"> 三軸圧縮試験における小ひずみ領域における減衰定数の値に対して同等または上回る。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録から同定された減衰定数は、地震観測記録をよく説明する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤中の重複反射の影響により、安定したデコンボリューション波形の算定が困難であり、本手法による検討は出来ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ごく短周期側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 	<ul style="list-style-type: none"> 流動化処理土（第2グループ）が分布しており、深度依存のない平均物性値として整理。

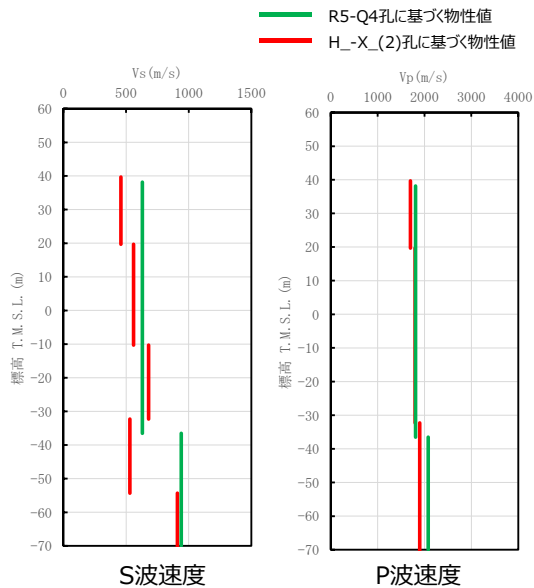
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.12 G14グループのデータ整理

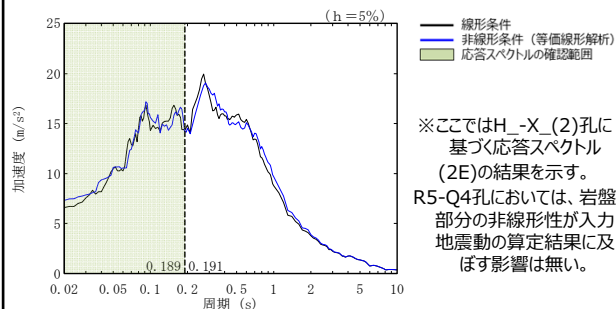
■ 整理結果のとりまとめ (G14、G16)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

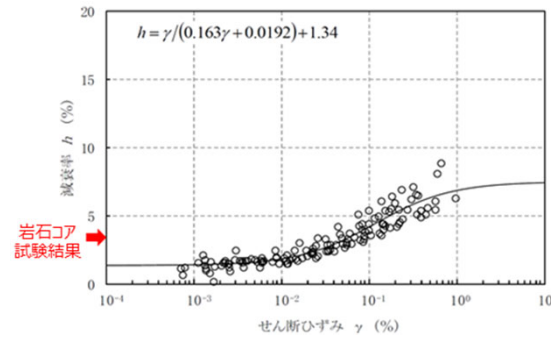
A: 岩盤部分の物性値等



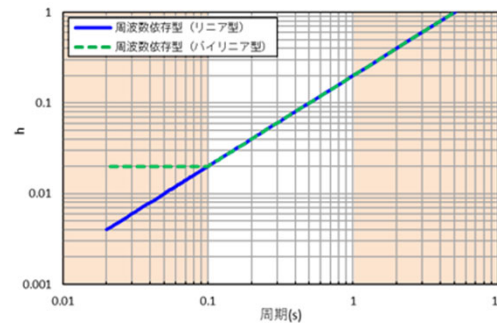
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



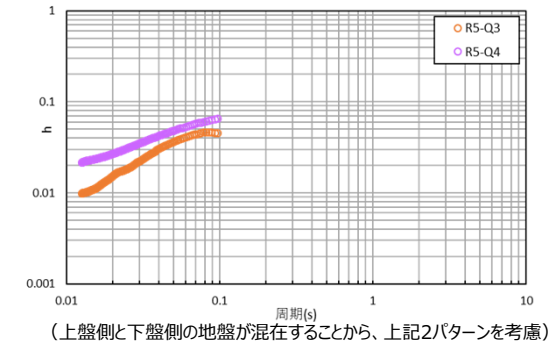
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



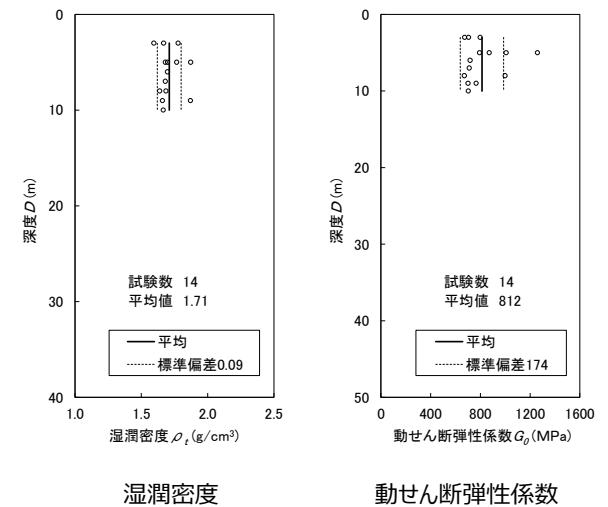
C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



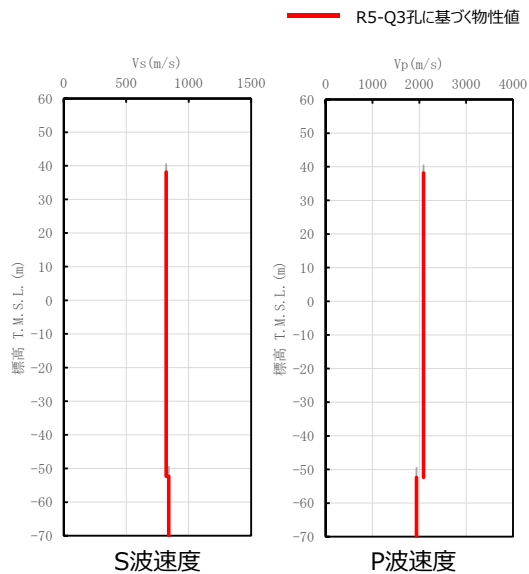
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.12 G14グループのデータ整理

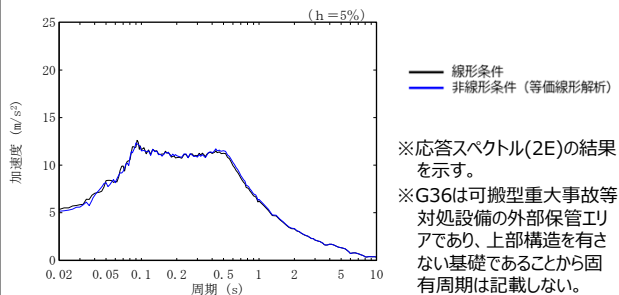
■ 整理結果のとりまとめ (G36)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

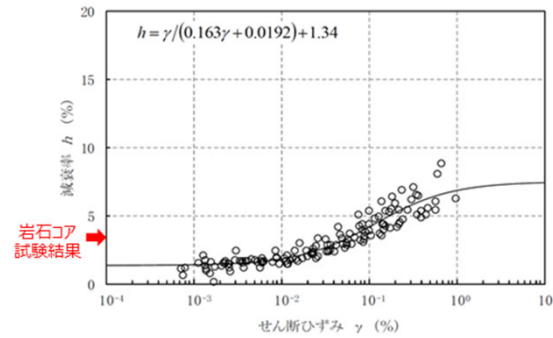
A: 岩盤部分の物性値等



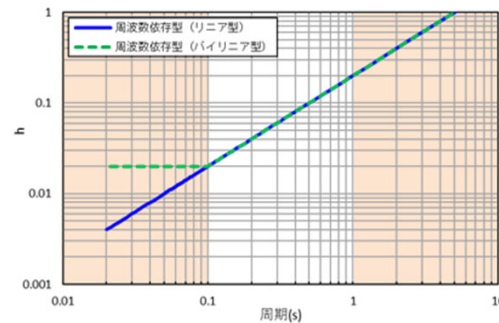
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



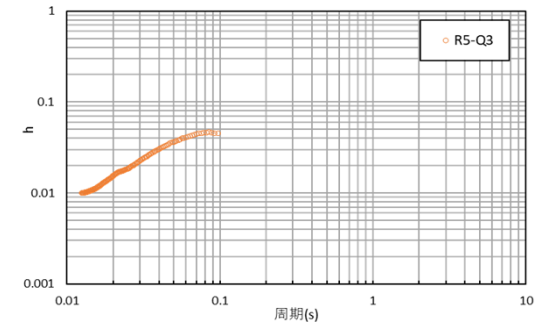
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等

—
(埋込なし)

5. データの再整理

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■各グループにおいて整理されたデータの再整理

- 各グループにおけるデータの整理結果を踏まえ、各グループ間のデータの傾向について確認する。
- 確認は、各グループにおいて個別にデータを取得している「A.岩盤部分の物性値」及び「C-5：S波検層」を対象とする。
- 確認にあたっては、近接するグループ間のデータの類似性に着目した確認を行い、その傾向に対し、以下に示す観点での確認を行い、グループ間で同じ地盤におけるデータであるとみなすことが可能である場合は、各グループにおいて参照するデータについて再整理する。

●A.岩盤部分の物性値等

- 各グループで得られた速度構造データの傾向について確認し、速度構造が類似する範囲の地質構造を確認する。
- なお、G14グループについては「4.データの整理」に示したとおり、グループ内のPS検層データより、同じ地下構造であると判断できないことから、データの平均化は行わず、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、各施設個別にデータを選定する。

●C:岩盤部分の減衰定数

- 一般的に、速度構造や岩種が同様であれば同等の減衰定数になると考えられることから、上記の岩盤物性の整理にあわせて再整理する。

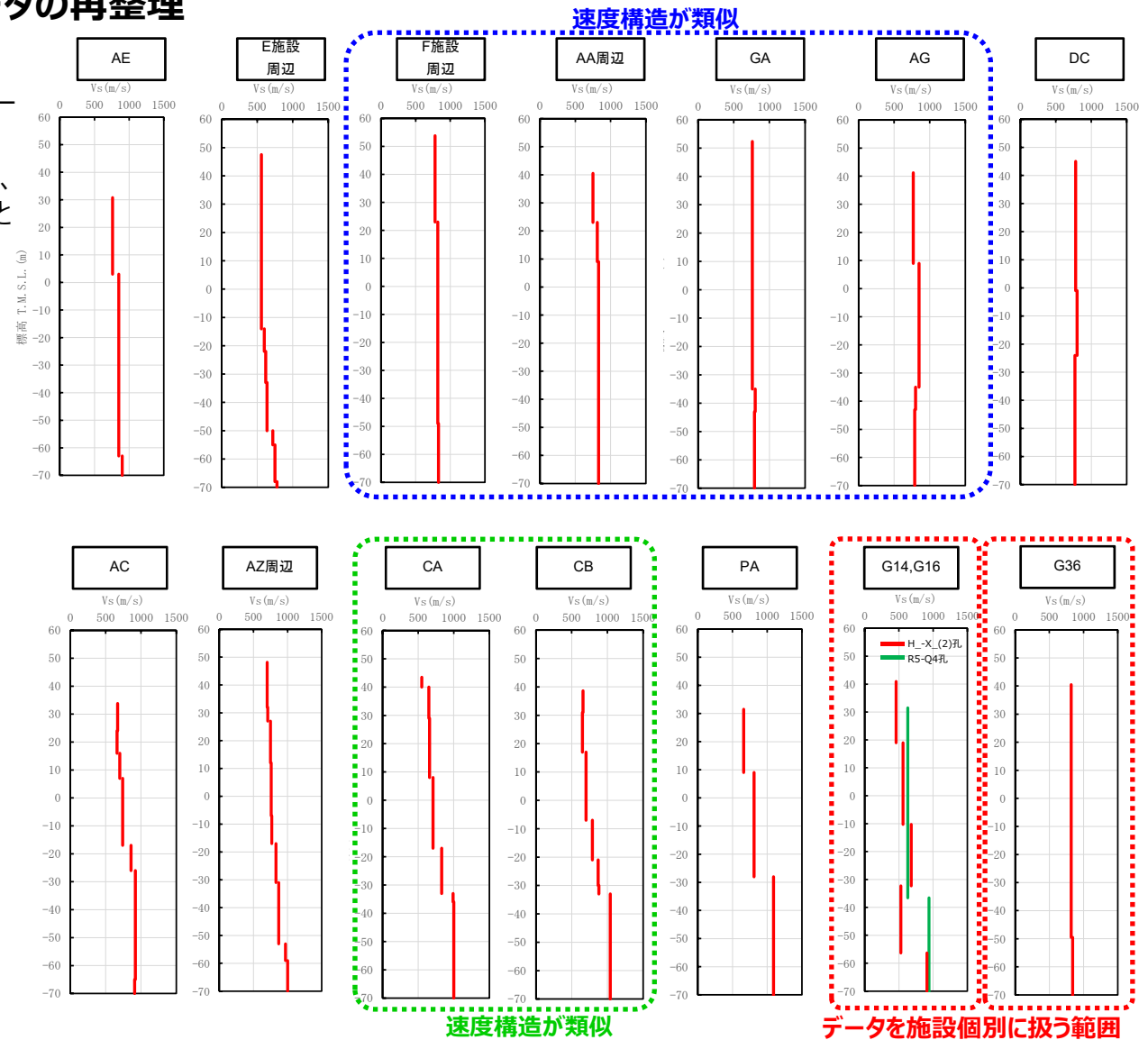
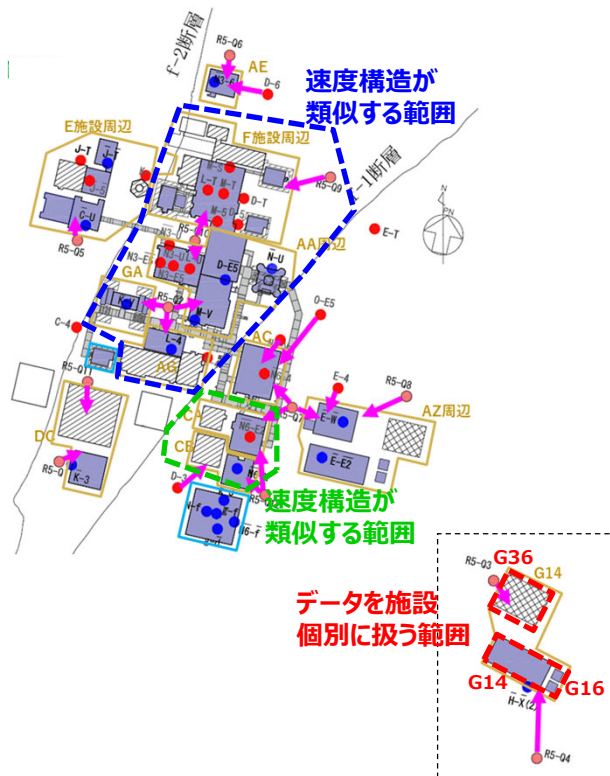
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

【地盤の類似性】

- 近接するグループの速度構造に着目し、グループ間の傾向を確認した。
- 近接するグループ間の速度構造の傾向として、下図に示す範囲において、傾向が似ていることを確認した。
 - ・F施設周辺、AA周辺、GA、AG
 - ・CA、CB



各グループのS波速度

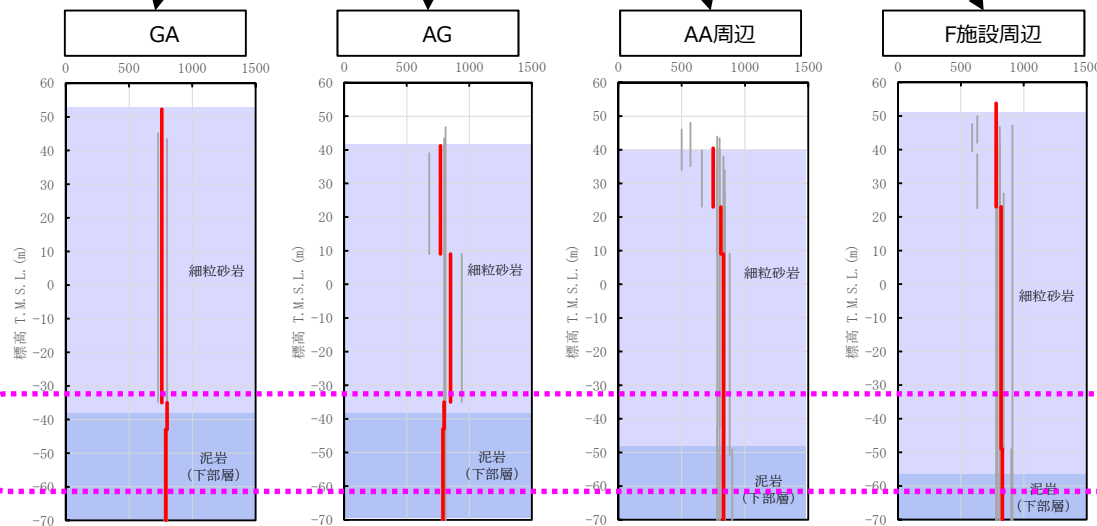
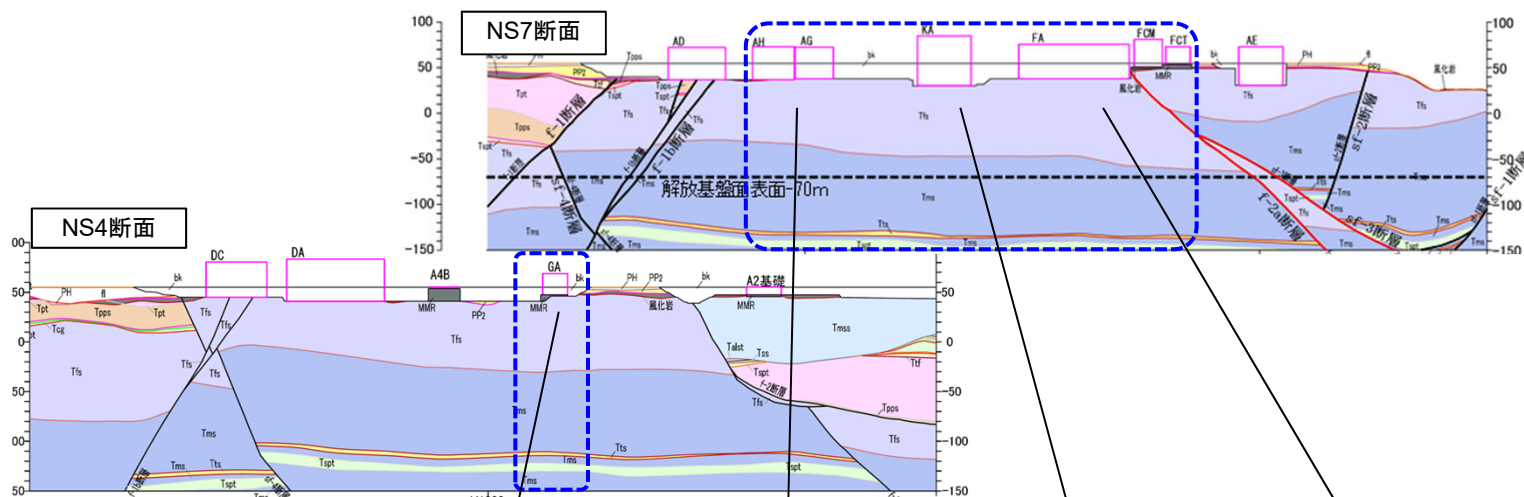
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

【地盤の類似性】

- 近接するグループの速度構造の傾向が似ている範囲（ ）において、地質構造の観点での傾向を確認した。
- 近接するグループの速度構造の傾向が似ているF施設周辺、AA周辺、GA、AGの4グループについては、同じ地盤となっている。



細粒砂岩と泥岩（下部層）の岩種境界は同等の深さとなっている。

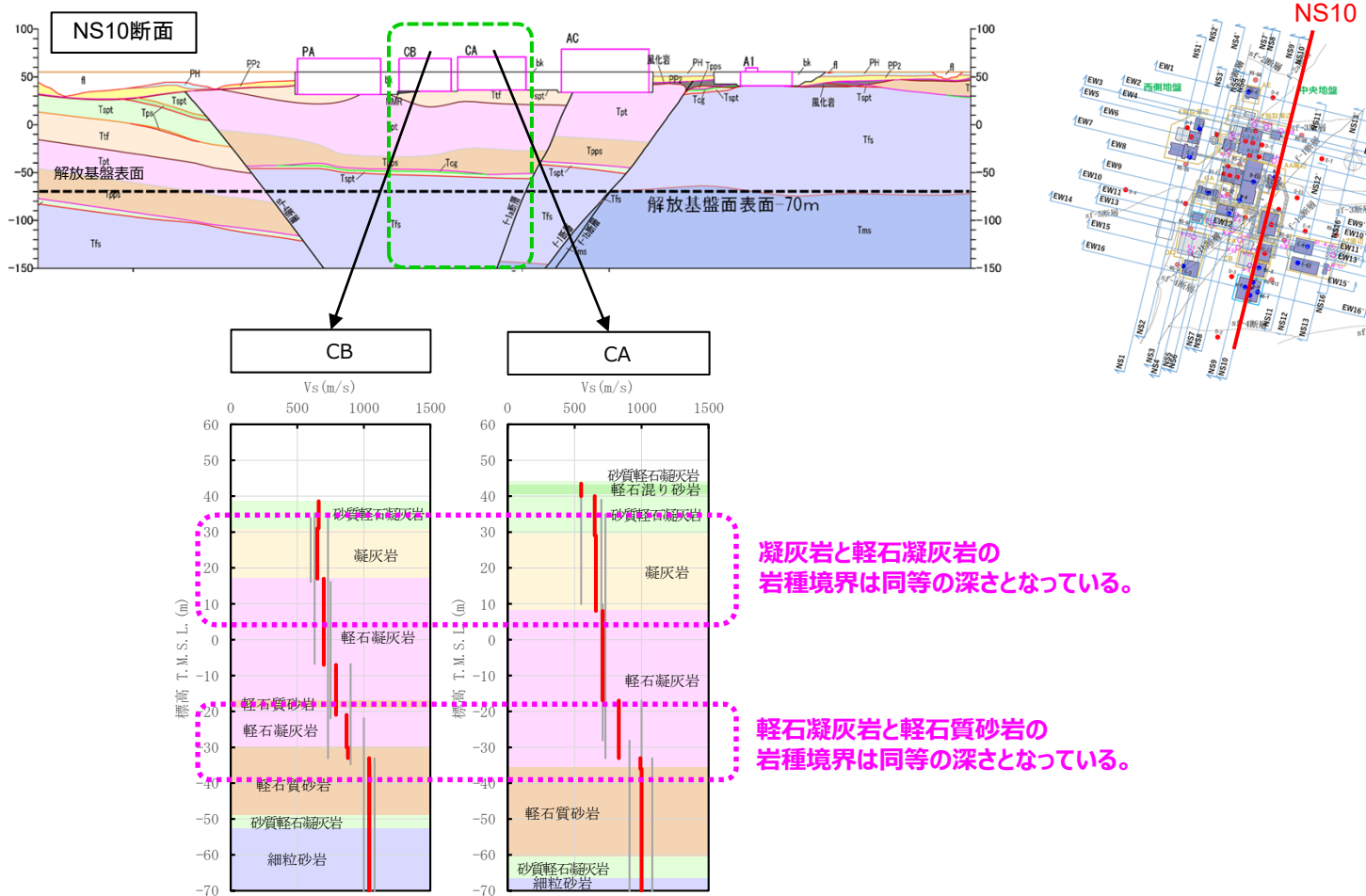
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

【地盤の類似性】

- 近接するグループの速度構造の傾向が似ている範囲（ ）において、地質構造の観点での傾向を確認した。
- 近接するグループの速度構造の傾向が似ているCA、CBの2グループについては、同じ地盤となっている。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

- 以上を踏まえると、各グループにおいて個別にデータが得られている、「A.岩盤部分の物性値等」及び「C-5:S波検層」のデータについては、同じ地盤の地下構造として扱う範囲において、参照するデータが増加することとなり、地盤の特徴を捉える上での信頼性の向上が期待できる。
- データを再整理した「AA周辺、F施設周辺、GA、AGグループ」及び「CA、CBグループ」については、岩盤部分の物性値等を、「4.データの整理」において用いた方法と同様の考え方に基づき平均化して設定する。

 : 同じ地盤の地下構造として扱う範囲①


設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等																	
	速度構造 (層厚、Vs, Vp, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ , γ)																	
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰																				
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	C-1 三軸圧縮試験 (c.-①)	C-2 岩石コア試験 (c.-②)	C-3 地震観測記録を用いた同定 (c.-③)	C-4 地震波干渉法 (c.-③)	C-5 S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)																	
AA周辺	<ul style="list-style-type: none"> N3_U N3-E5 N3_E5 L_U D-E5 M-V N_U R5-Q2 R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> M-S L-T M-T M-5 D-T D-5 R5-Q9 (R5-Q10) L-4 D-4 (R5-Q2) K_V (R5-Q2) 	<ul style="list-style-type: none"> 細粒砂岩 泥岩（下部層） 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> S波検層 (c.-⑤, c.-⑥) 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果 																
F施設周辺										<ul style="list-style-type: none"> L_U D-E5 M-V N_U R5-Q2 R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> M-5 D-T D-5 R5-Q9 (R5-Q10) L-4 D-4 (R5-Q2) K_V (R5-Q2) 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> S波検層 (c.-⑤, c.-⑥) 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果 								
AG																		<ul style="list-style-type: none"> N_U R5-Q2 R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> M-5 D-T D-5 R5-Q9 (R5-Q10) L-4 D-4 (R5-Q2) K_V (R5-Q2) 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> S波検層 (c.-⑤, c.-⑥) 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果
GA																									
AE	<ul style="list-style-type: none"> N3_6 D-6 R5-Q6 	<ul style="list-style-type: none"> 細粒砂岩 泥岩（下部層） 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q6 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果 																	
DC	<ul style="list-style-type: none"> K_3 R5-Q1 R5-Q11 	<ul style="list-style-type: none"> 細粒砂岩 泥岩（下部層） 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 中央地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q1 R5-Q11 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果 																	
E施設 周辺	<ul style="list-style-type: none"> J_T J_5 C_U J-T K-T R5-Q5 	<ul style="list-style-type: none"> 泥岩（上部層） 砂岩・凝灰岩互層 礫混り砂岩 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 西側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 西側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q5 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果 																	

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

 : 同じ地盤の地下構造として扱う範囲②

 : 施設個別にデータを扱う範囲

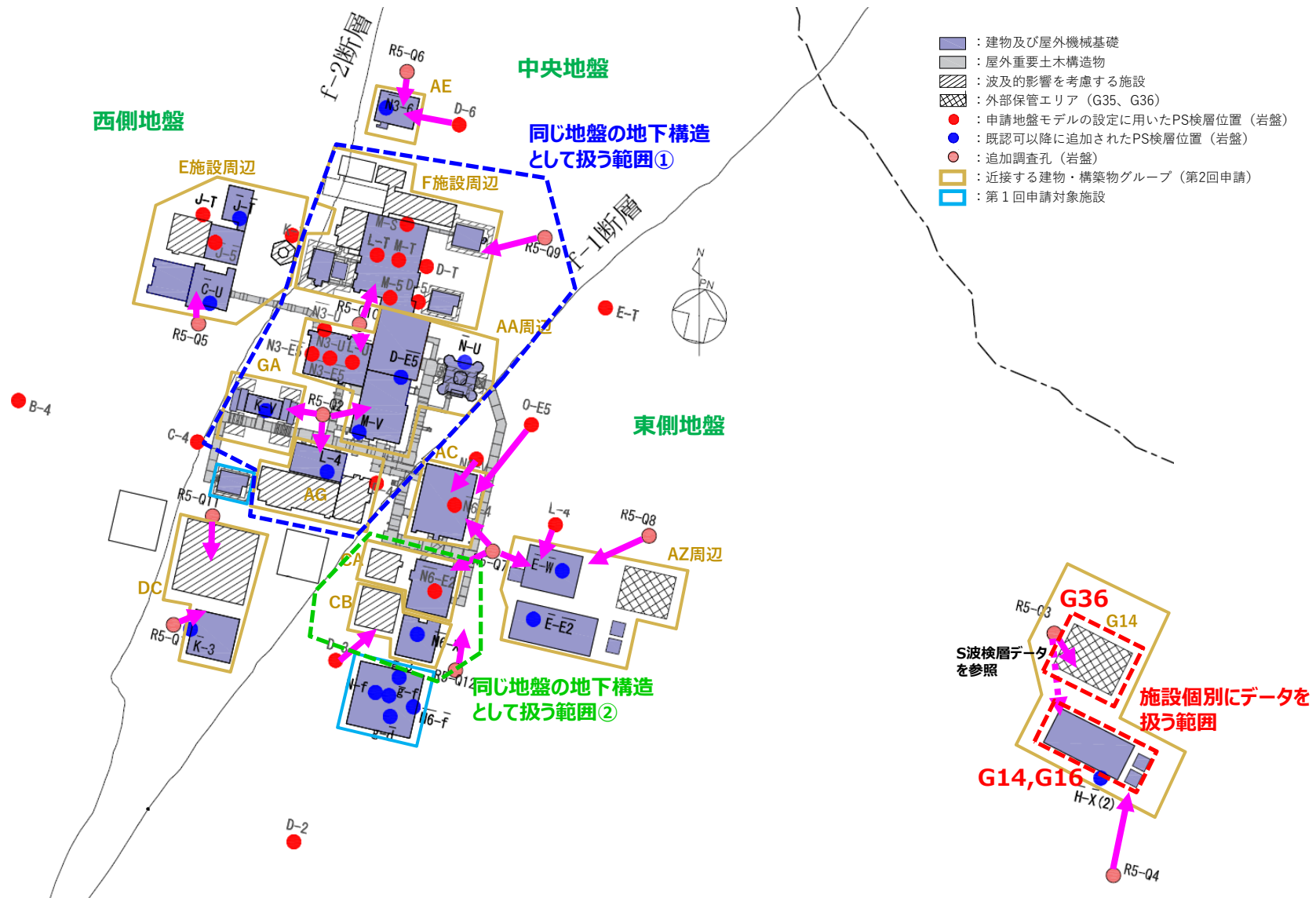
設定する パラメータ	A.岩盤部分の 物性値等	B.岩盤部分の 非線形性	C.岩盤部分の減衰定数					D.表層地盤の 物性値等
	速度構造 (層厚、Vs、Vp、ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)					速度構造 (G ₀ , γ)
			材料減衰		材料減衰 + 散乱減衰			
			C-1 三軸圧縮試験	C-2 岩石コア試験	C-3 地震観測記録を用 いた同定	C-4 地震波干渉法	C-5 S波検層	
取得データ	PS検層 (a.-①, a.-②)	三軸圧縮試験 (b.-①)	三軸圧縮試験 (c.-①)	岩石コア試験 (c.-②)	地震観測記録 (c.-③)	地震観測記録 (c.-③)	S波検層 (c.-⑤, c.-⑥)	PS検層 (d.-①, d.-②)
AC	<ul style="list-style-type: none"> N6_-4 O-E5 N6-V R5-Q7 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 東側地盤観測点の地震観測記録 	R5-Q7	埋戻し土のPS検層結果
CA	<ul style="list-style-type: none"> N6_-E2 R5-Q7 R5-Q12 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 細粒砂岩 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q7 R5-Q12 	埋戻し土のPS検層結果
CB	<ul style="list-style-type: none"> N6_-X D-3 (R5-Q12) 							
AZ	<ul style="list-style-type: none"> E_-W_ E_-E2_ E-4 R5-Q7 R5-Q8 	<ul style="list-style-type: none"> 砂質軽石凝灰岩 軽石混り砂岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q7 R5-Q8 	流動化処理土のPS検層結果
G14 G16	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q4 	<ul style="list-style-type: none"> 軽石混り砂岩 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 東側地盤観測点の地震観測記録 	R5-Q4	流動化処理土のPS検層結果
	<ul style="list-style-type: none"> H_-X_(2) 	<ul style="list-style-type: none"> 軽石混り砂岩 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 軽石凝灰岩 	同左	同左	同上	同上	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q3 R5-Q4 	同上
G36	<ul style="list-style-type: none"> R5-Q3 	<ul style="list-style-type: none"> 軽石混り砂岩 砂質軽石凝灰岩 凝灰岩 礫混り砂岩 	同左	同左	<ul style="list-style-type: none"> 【地震観測記録を用いた同定】 東側地盤観測点の地震観測記録 	<ul style="list-style-type: none"> 【地震波干渉法】 東側地盤観測点の地震観測記録 	R5-Q3	— (埋込なし)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 各グループにおいて整理されたデータの再整理

➤ 以下に、データの再整理を行った範囲を示す。

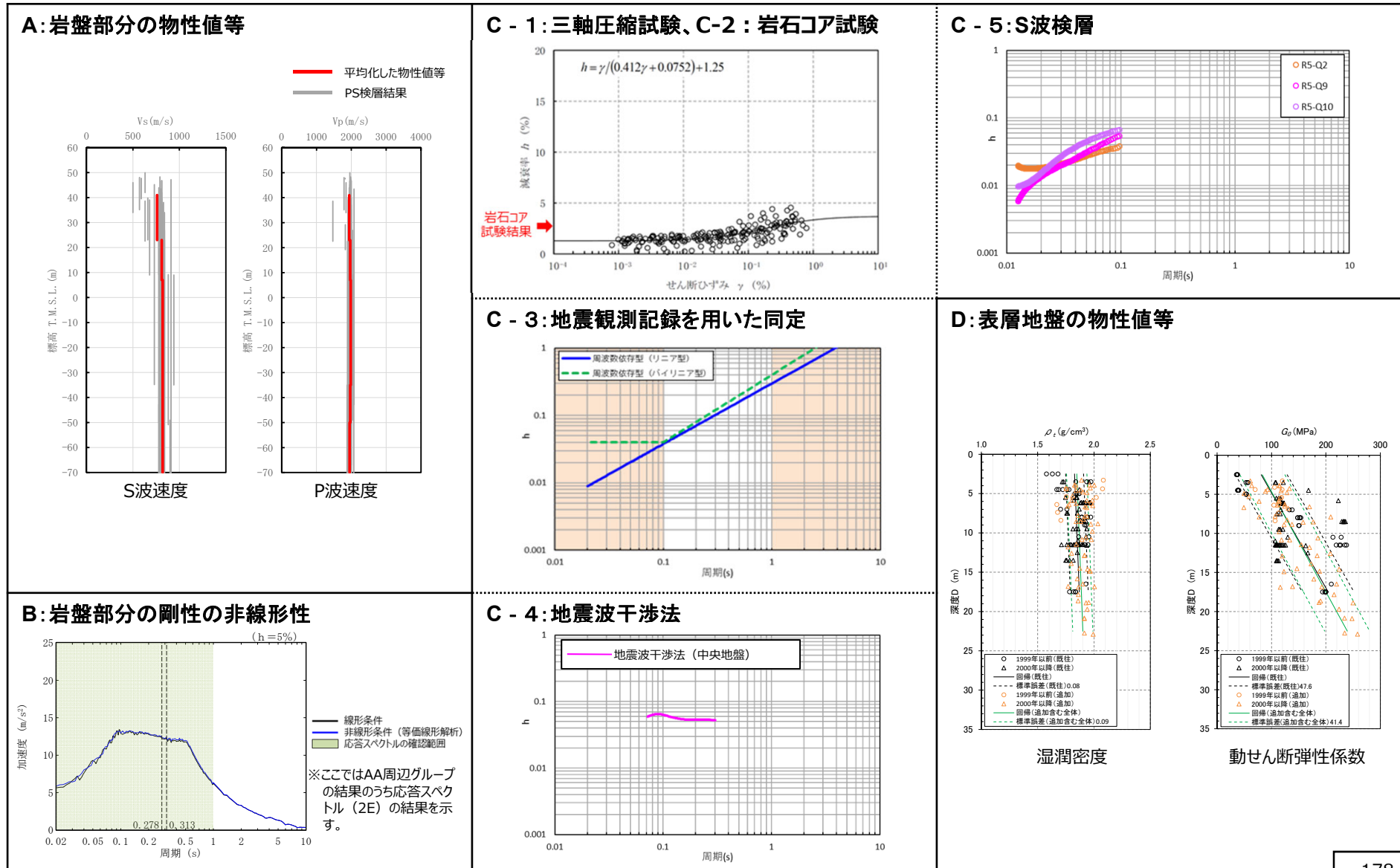


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 整理結果のとりまとめ（AA周辺グループ、F施設周辺グループ、AGグループ、GAグループ）

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



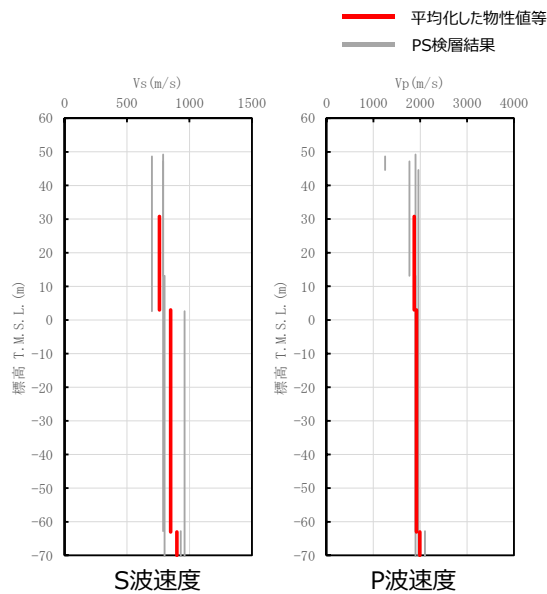
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

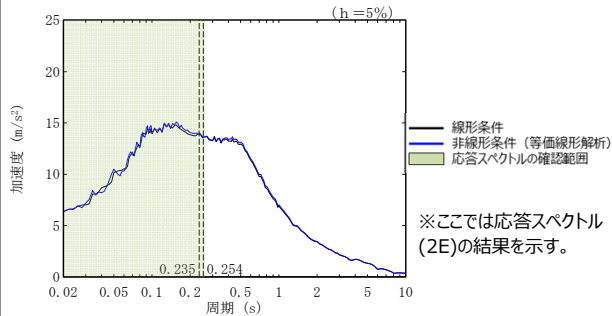
■ 整理結果のとりまとめ (AEグループ)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

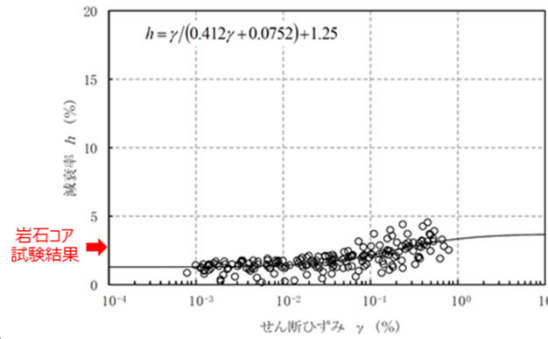
A: 岩盤部分の物性値等



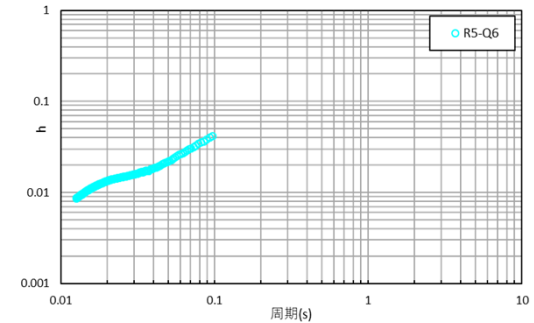
B: 岩盤部分の剛性の非線形性 ($\lambda = 5\%$)



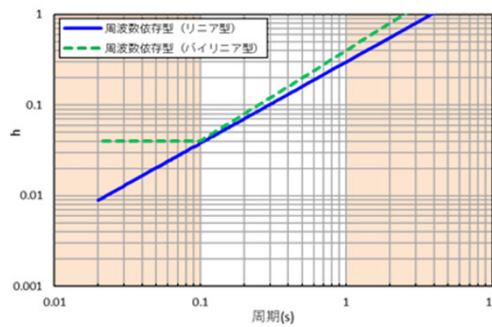
C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



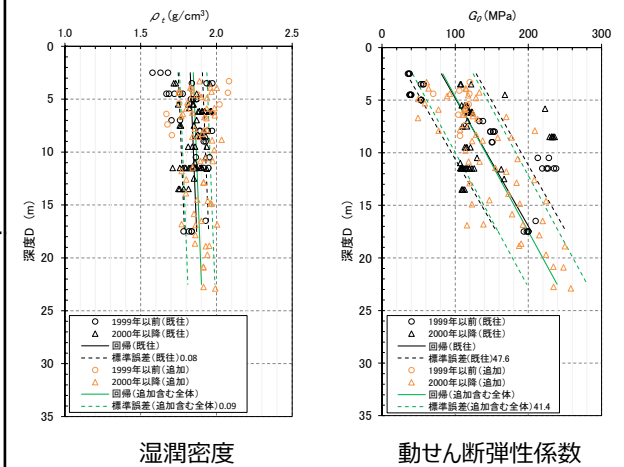
C - 5: S波検層



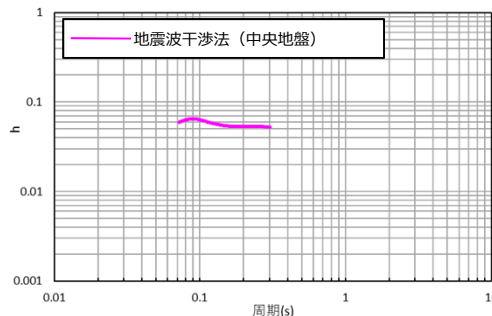
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



D: 表層地盤の物性値等



C - 4: 地震波干渉法



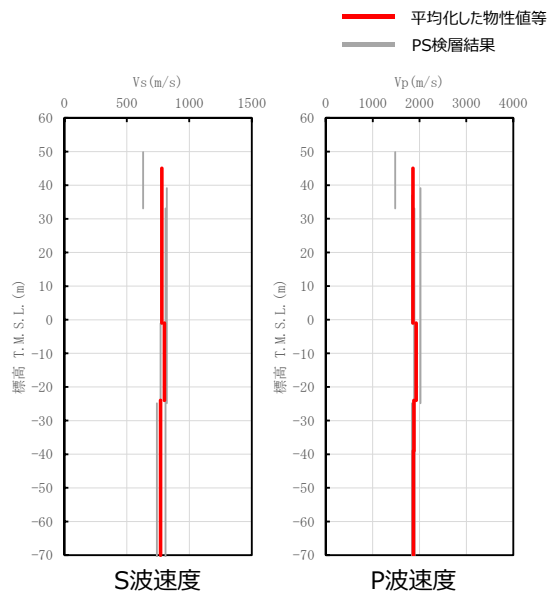
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

■ 整理結果のとりまとめ (DCグループ)

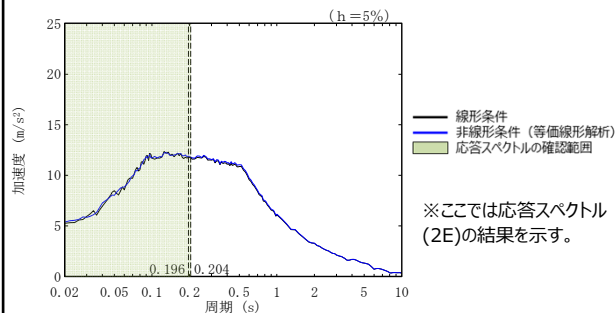
□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

A: 岩盤部分の物性値等

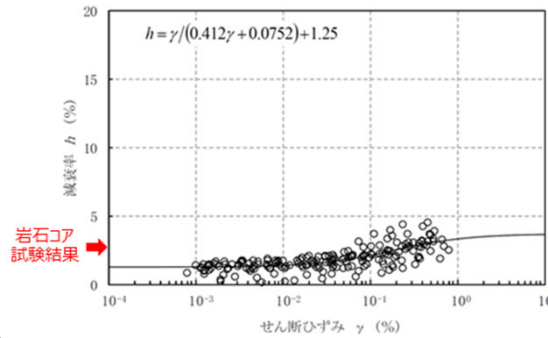


※DCについては、東端位置において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響があることを確認。

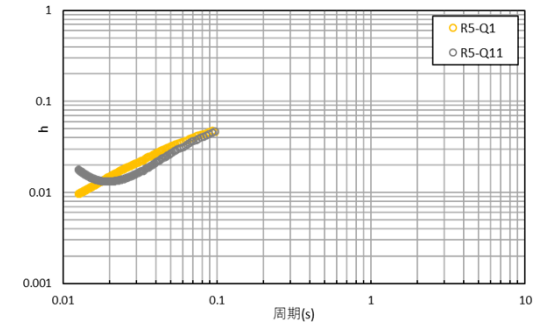
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



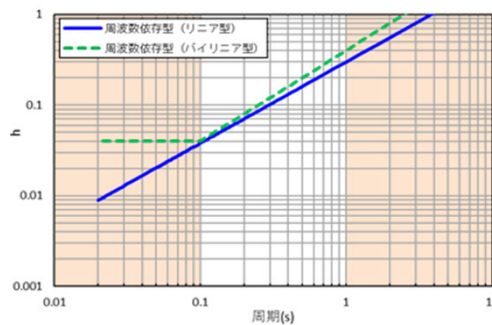
C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



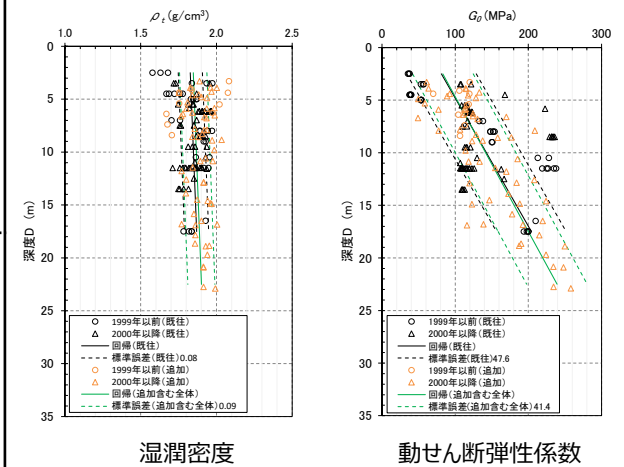
C - 5: S波検層



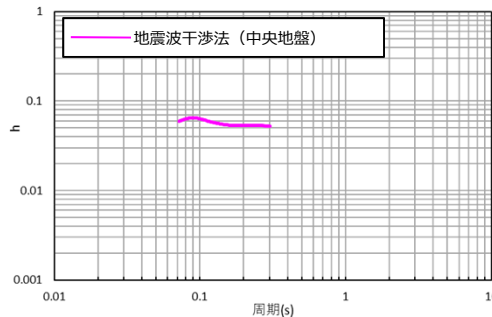
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



D: 表層地盤の物性値等



C - 4: 地震波干渉法



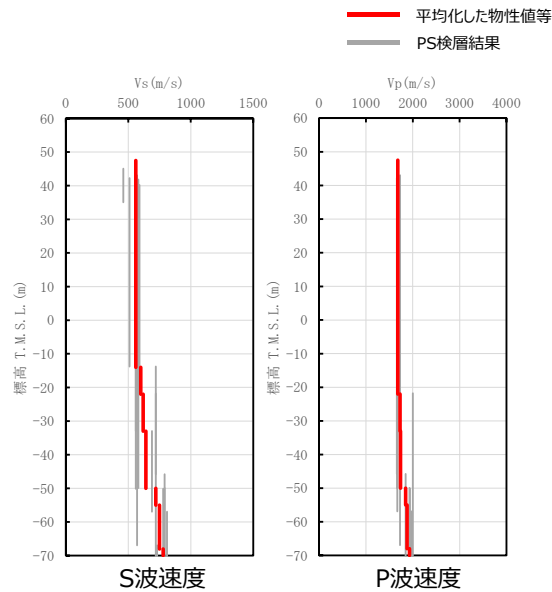
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

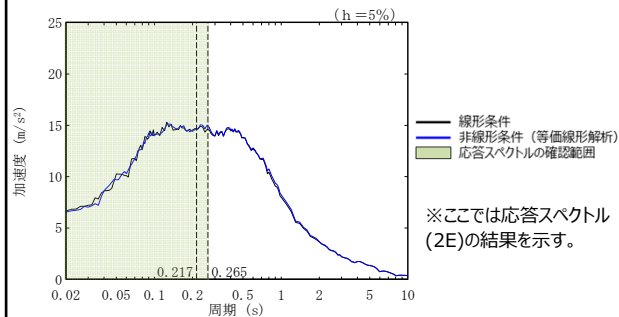
■ 整理結果のとりまとめ (E施設周辺グループ)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

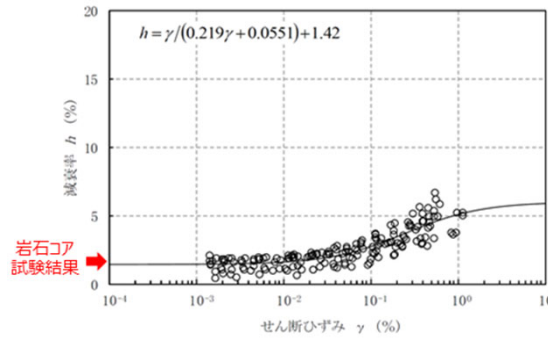
A: 岩盤部分の物性値等



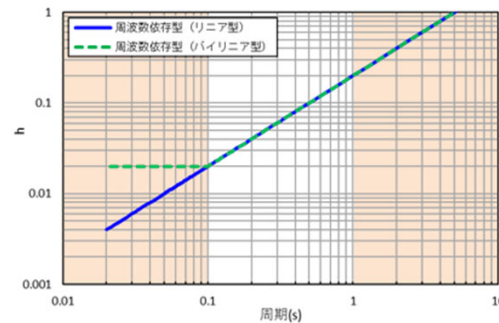
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



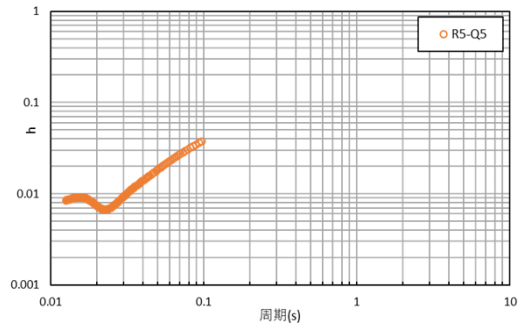
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



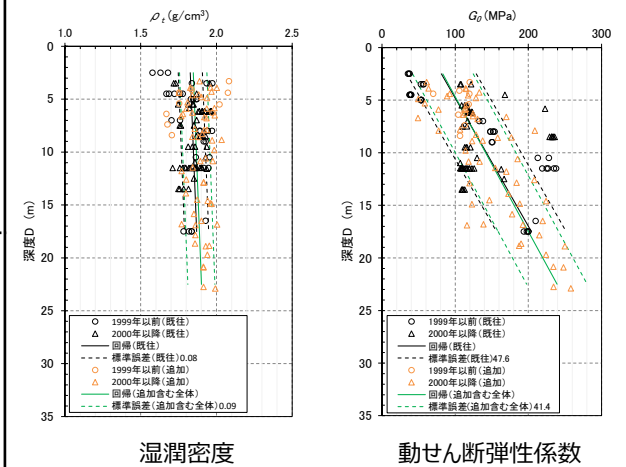
C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



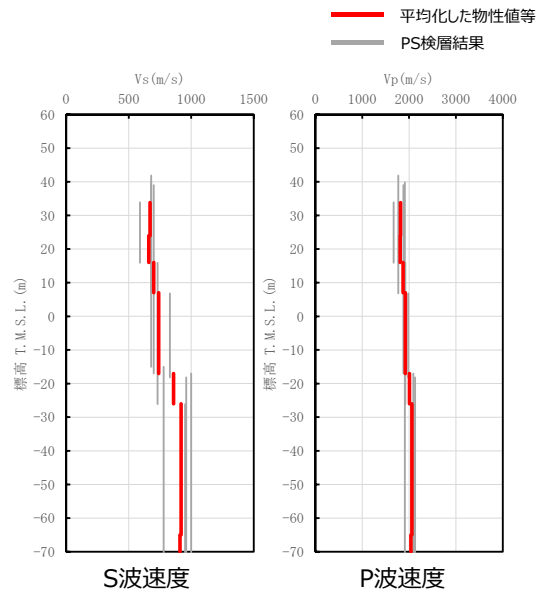
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

■ 整理結果のとりまとめ (ACグループ)

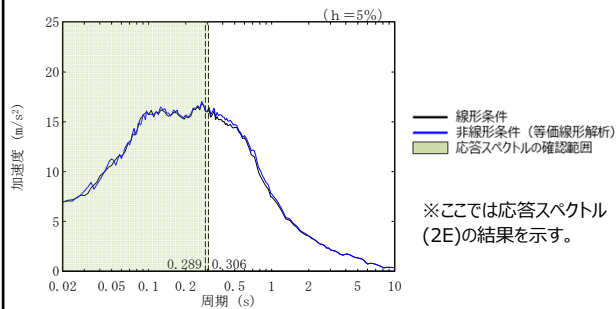
□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

A: 岩盤部分の物性値等



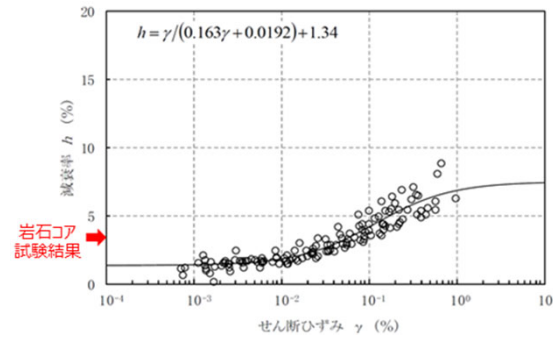
※ACIについては、南端位置において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響があることを確認。

B: 岩盤部分の剛性の非線形性

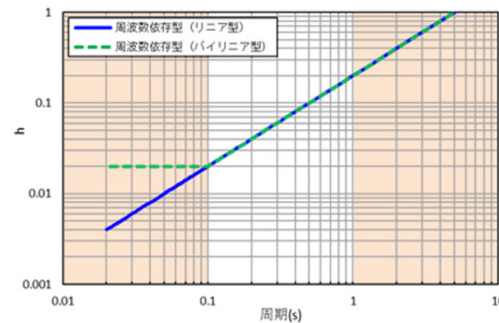


※ここでは応答スペクトル(2E)の結果を示す。

C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



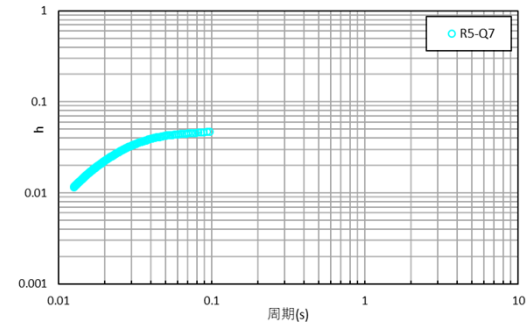
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



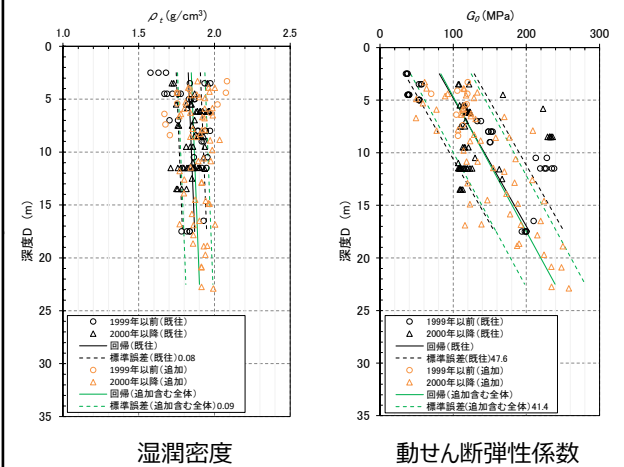
C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



湿潤密度

動せん断弾性係数

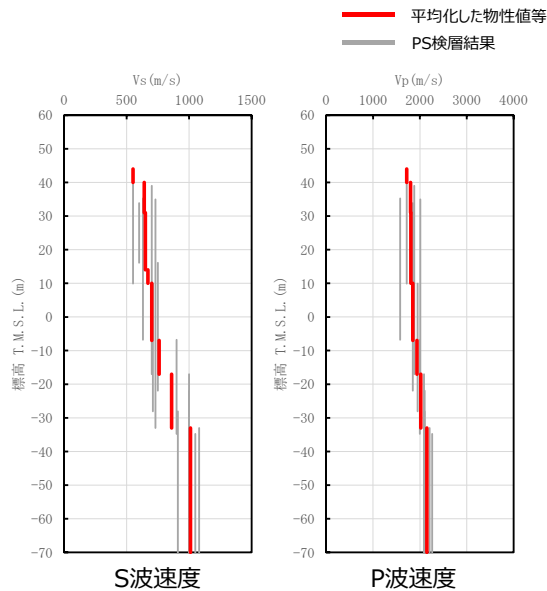
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

■ 整理結果のとりまとめ (CAグループ、CBグループ)

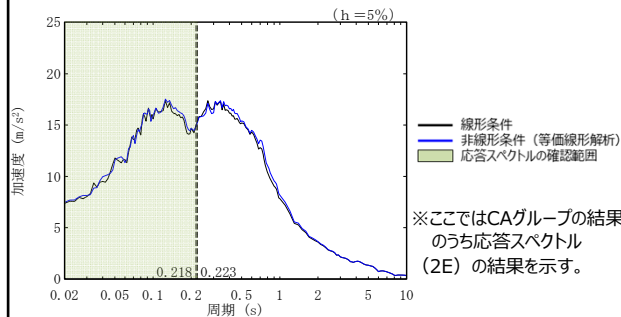
□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

A: 岩盤部分の物性値等

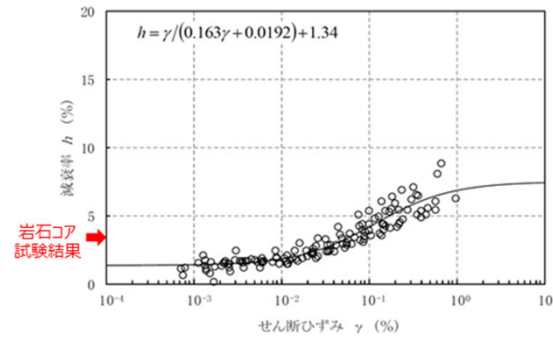


※BAについては、西端位置及び北端位置において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響があることを確認。

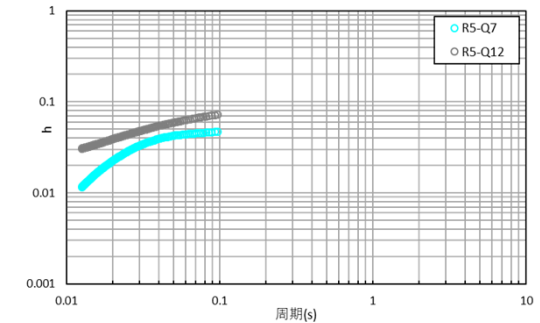
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



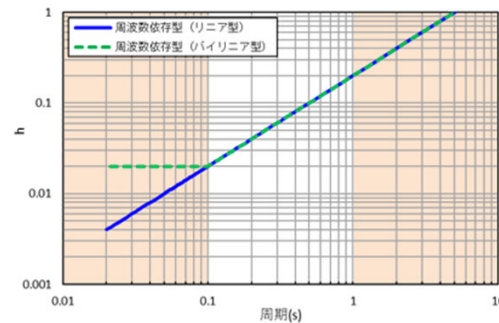
C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



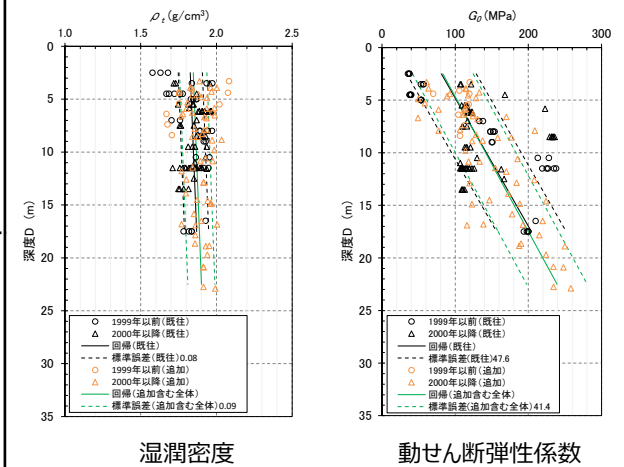
C - 5: S波検層



C - 3: 地震観測記録を用いた同定



D: 表層地盤の物性値等

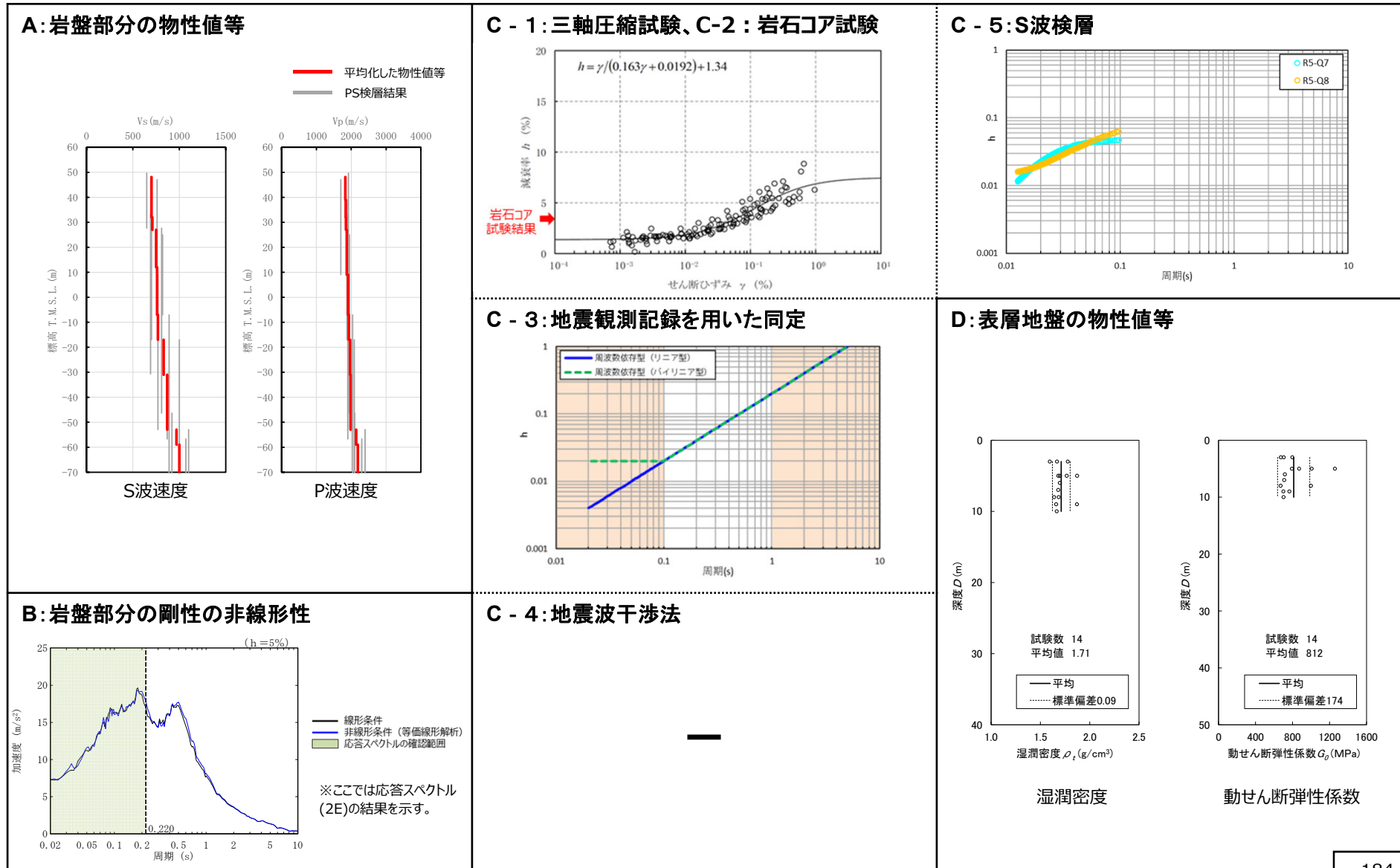


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. データの再整理

■ 整理結果のとりまとめ（AZ周辺グループ）

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲



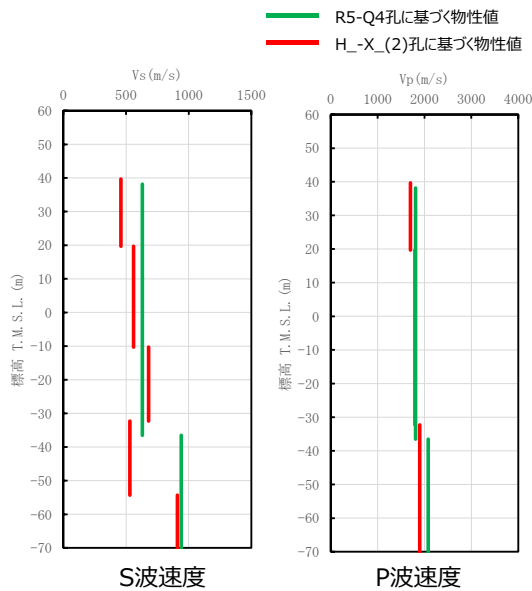
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

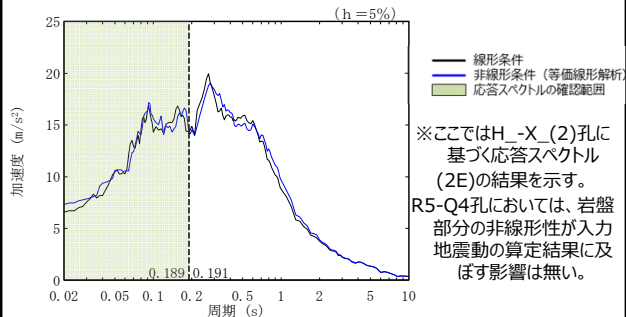
■ 整理結果のとりまとめ (G14、G16)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

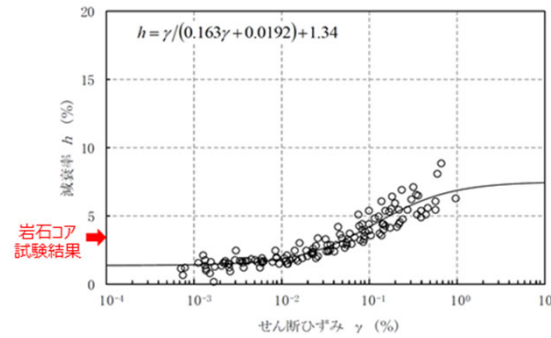
A: 岩盤部分の物性値等



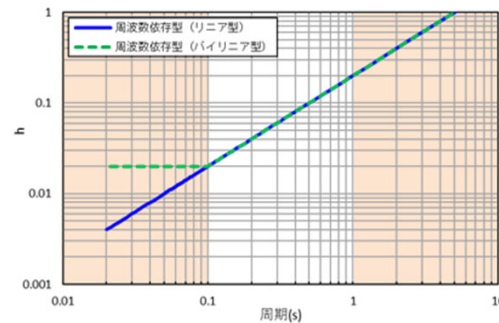
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



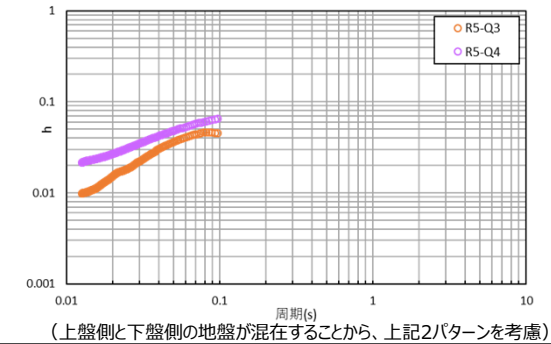
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



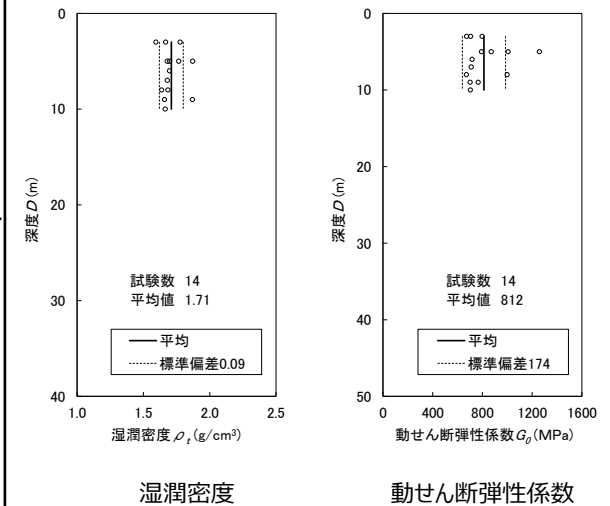
C - 4: 地震波干渉法



C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等



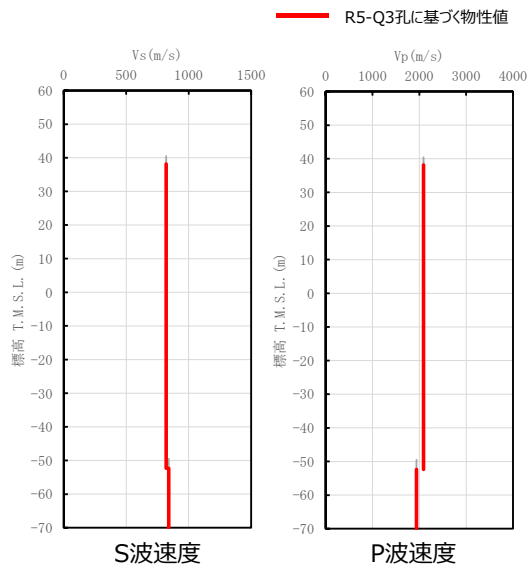
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

5. データの再整理

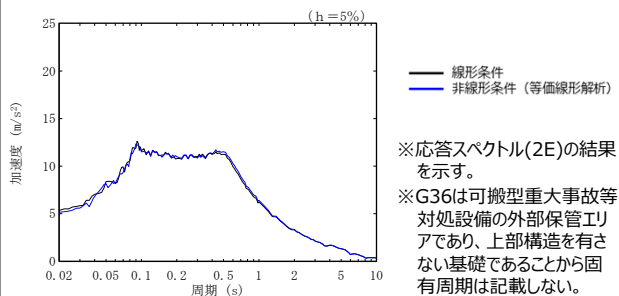
■ 整理結果のとりまとめ (G36)

□ : 信頼区間内のデータに基づく外挿範囲

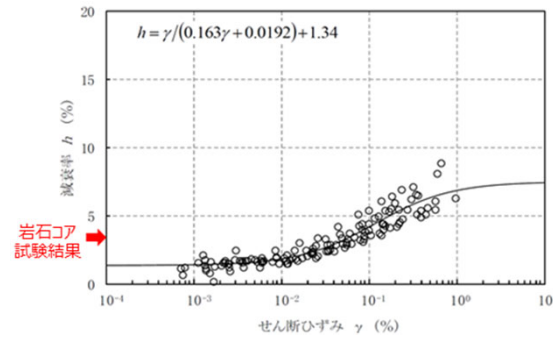
A: 岩盤部分の物性値等



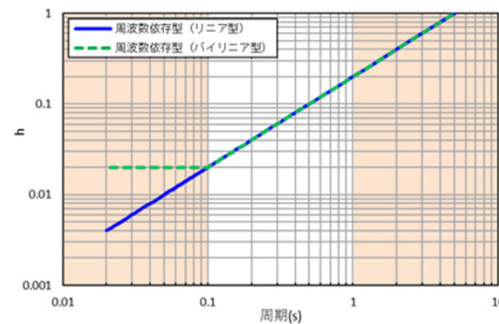
B: 岩盤部分の剛性の非線形性



C - 1: 三軸圧縮試験、C-2: 岩石コア試験



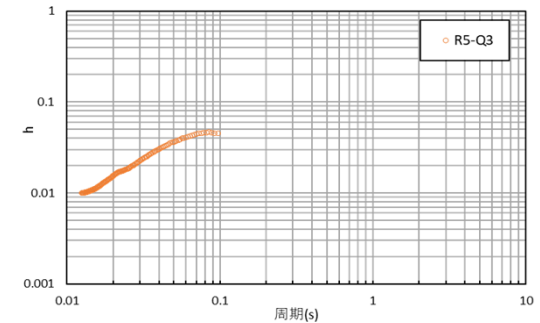
C - 3: 地震観測記録を用いた同定



C - 4: 地震波干渉法

—

C - 5: S波検層



D: 表層地盤の物性値等

—
(埋込なし)

6. 敷地の地盤の特徴を踏まえた地下構造の設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の整理単位

➤ 「5.データの再整理」の結果を踏まえ、下表に示すとおり、敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を整理するエリアを改めて設定した。

近接する建屋のグループ	敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の整理単位	エリア内に設置される建物・構築物
AA周辺 F施設周辺 AG GA	中央①	FA F1A F1B F2 FB FCM FCT AA AB AG KA GA GAT G10 A4A AK AH A1
AE	中央②	AE
DC	中央③	DC DA

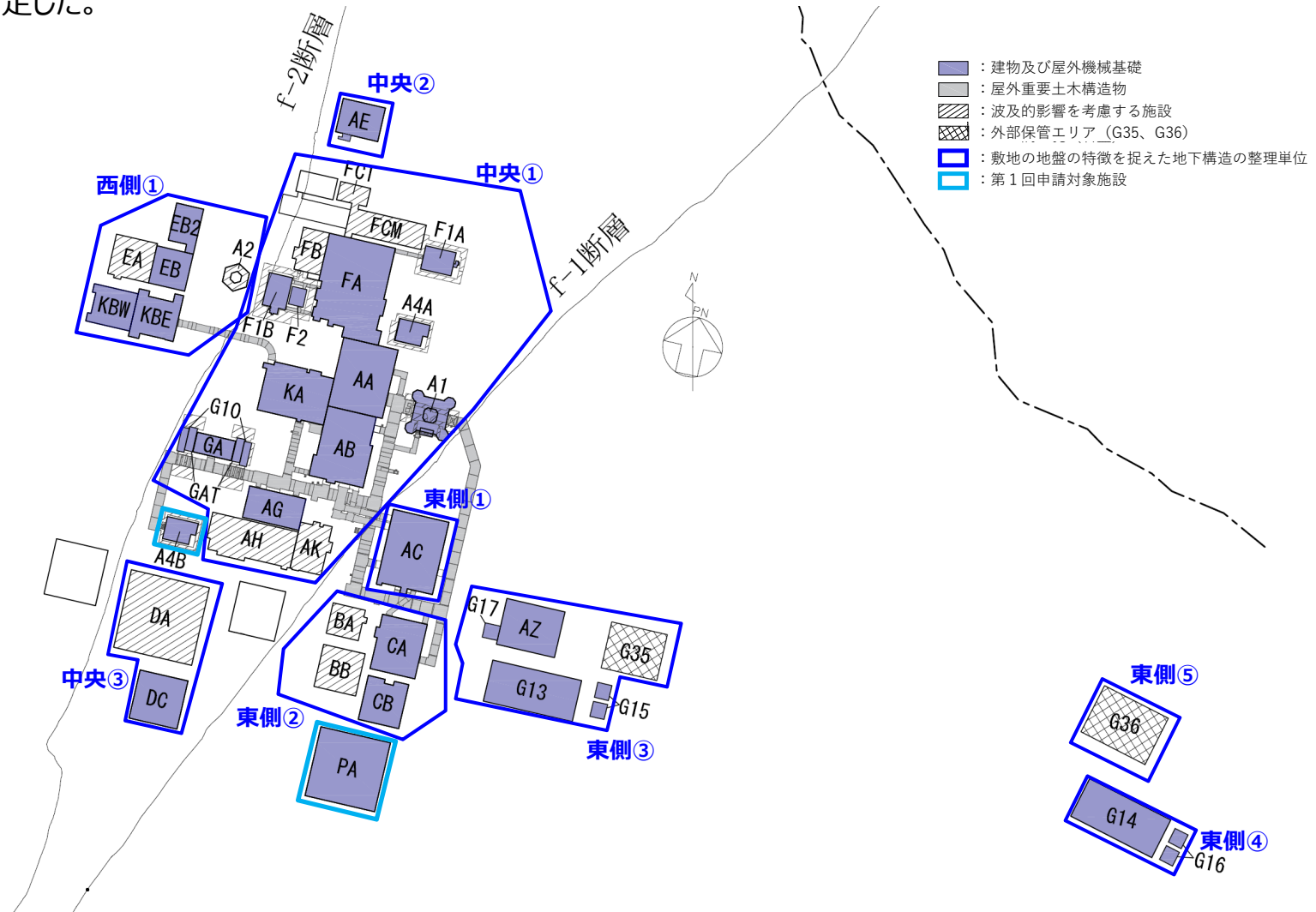
近接する建屋のグループ	敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の整理単位	エリア内に設置される建物・構築物
E施設周辺	西側①	EB EB2 KB EA A2
AC	東側①	AC
CA CB	東側②	CA CB BA BB
AZ	東側③	AZ G13 G15 G17 G35
G14、G16	東側④	G14 G16
G36	東側⑤	G36

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の整理単位

➢ 「5.データの再整理」の結果を踏まえ、下図に示すとおり、敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を整理するエリアを改めて設定した。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

【設定に係る全体方針（エリア共通）】

■ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定方針

- 「5.データの再整理」にて再整理したデータを用い、各因子に対し、以下の考え方により敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を設定する。

● A. 岩盤部分の物性値等

- 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したデータの再整理結果を踏まえ、同じ地盤の地下構造として扱う範囲においては、参照するデータに基づき、平均化した物性値等を設定する。
- 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したデータの再整理結果を踏まえ、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、各施設個別に物性値等を整理する。
- なお、断層の影響による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められる場合はこれを考慮して設定する。

● B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造として、三軸圧縮試験に基づくひずみ依存特性($G/G_0 - \gamma$)に対し、 S_s 地震時における岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響の大きさを踏まえて設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

【設定に係る全体方針（エリア共通）】

●C. 岩盤部分の減衰定数

- 岩盤部分の減衰定数については、C-1～C-5の複数の手法により減衰定数の値が評価されていることから、各手法により得られたデータについて、各手法の減衰定数の大きさや周波数依存性の特徴を踏まえ、敷地における地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定する。
- 上記検討は、各手法のもつ減衰定数の物理的な意味合い（散乱減衰の考慮の有無やデータの信頼区間）に着目して実施する。

（用いるデータの選定）

- 「C. 岩盤部分の減衰定数」については、複数の手法によりデータが得られているが、各データに見られる周波数依存性の傾向によれば、敷地においては散乱減衰が卓越している。
- このことから、「C-1：三軸圧縮試験」、「C-2：岩石コア試験」、「C-3：地震観測記録を用いた同定」、「C-4：地震波干渉法」及び「C-5：S波検層」のうち、材料減衰と散乱減衰を含んだデータであるC-3、C-4、C-5のデータを用い、敷地の地盤の特徴を捉えた設定について検討を行った。検討にあたり用いるデータは以下のとおりとした。

C-3：地震観測記録を用いた同定

周波数依存性として、リニア型とバイリニア型の2種類の仮定条件に基づき減衰定数を同定しており、いずれについても地震観測記録をよく説明することを確認していることから、これらの同定結果を用いる。

C-4：地震波干渉法

3地点の地震観測点のうち、中央地盤観測点においてのみデータが取得できていることから、中央①～③エリアでのみ用いる。

C-5：S波検層

各エリアにおける減衰定数の測定データのうち、地震応答解析に用いる周期帯である0.02秒よりも長周期側のデータを用いる。データについてはグラフ上直線となるような値として設定し、データが複数得られているエリアについては、これらのデータが同じ地盤において取得されたデータであることを踏まえ、平均化した値として用いる。

（検討方針）

- それぞれの手法は異なる周期帯に信頼区間を有していることから、各手法の信頼区間を踏まえた減衰定数をエリア毎に作成することで、敷地の各地点における地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定する。
- 設定に当たっては、各エリアで用いるデータに対し、各周期帯において見られる傾向を、佐藤ほか（2006）や福島ほか（1994）の既往知見における減衰定数の評価結果の傾向を参照した上で、周波数依存性を考慮した減衰定数として設定する。
- 設定した減衰定数に対しては、地震観測記録の伝達関数の再現性を確認することにより、地盤の特徴を捉えた減衰定数となっていることを確認する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

【設定に係る全体方針（エリア共通）】

● D. 表層地盤の物性値等

- 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造としては、「5.データの再整理」に示すデータの再整理結果を踏まえ、各エリアにおける埋戻し材料に応じた深度依存回帰または平均物性値を設定する。

6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.1 中央①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.1 中央①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

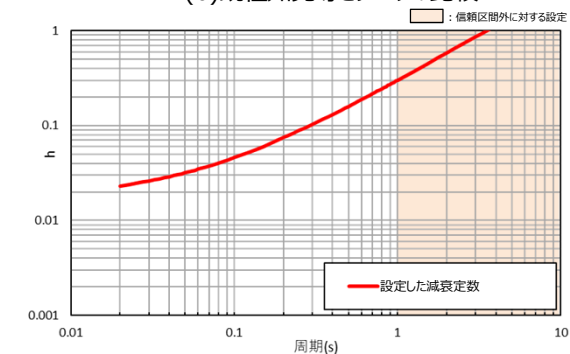
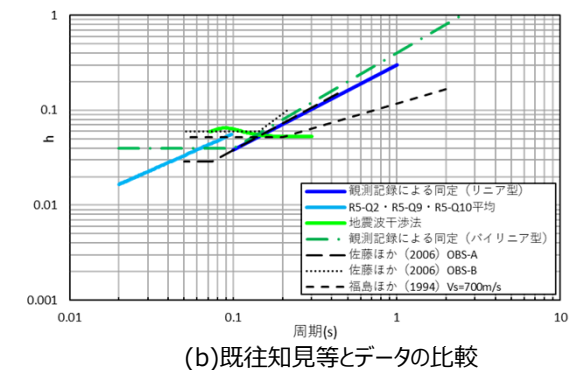
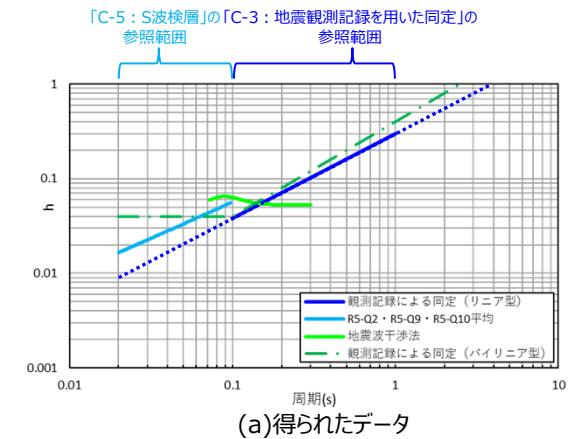
6.1 中央①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - ・リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - ・各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - ・地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように、周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

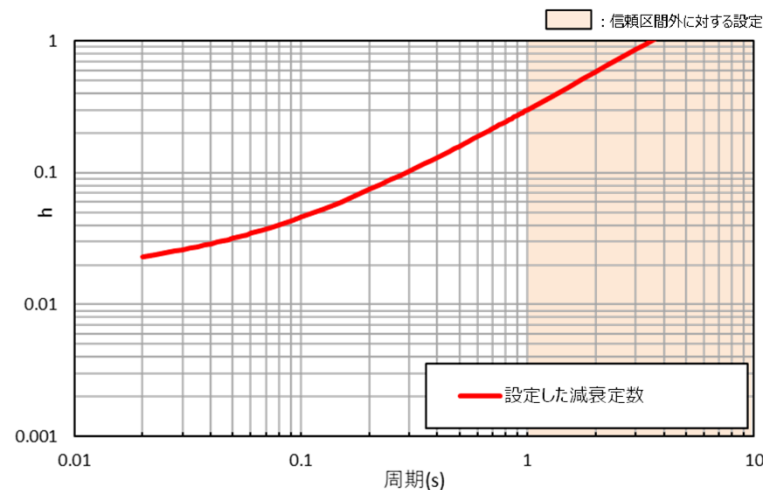
6.1 中央①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

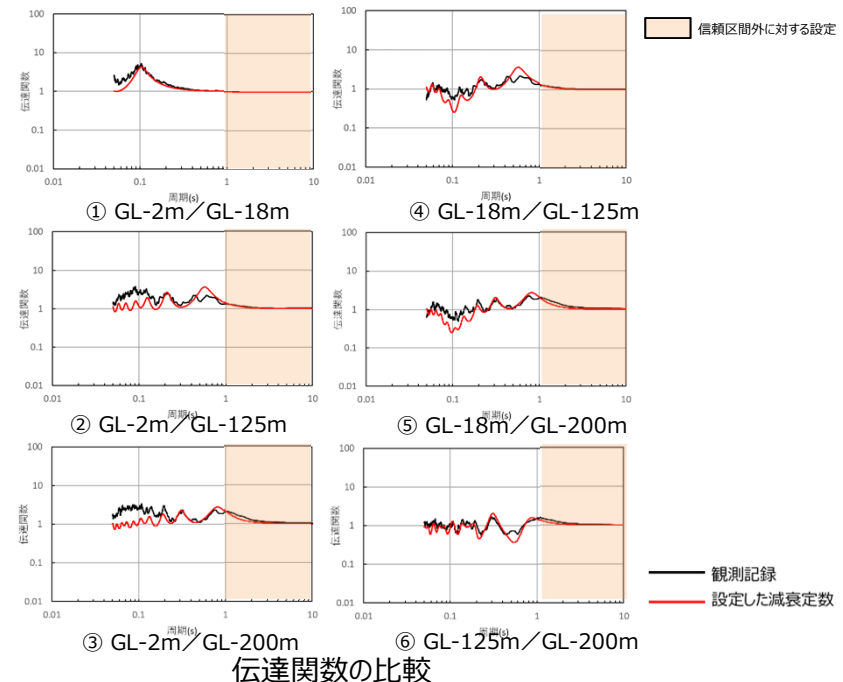
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【仮定した減衰定数の検証】

- 本エリアは、中央地盤観測点に最も近いエリアであることから、本エリアにおける減衰定数の仮定結果を用い、中央地盤観測点の地下構造に対して仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数を地震観測記録と比較した。
- 仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数は、いずれの深さ間においても地震観測記録をよく説明している。
- このことから、各手法の信頼区間を踏まえて仮定した減衰定数は、敷地における地震観測記録をよく説明する設定となり、地盤の特徴を捉えた地下構造としての値となっている。



本エリアで仮定した減衰定数



伝達関数の比較

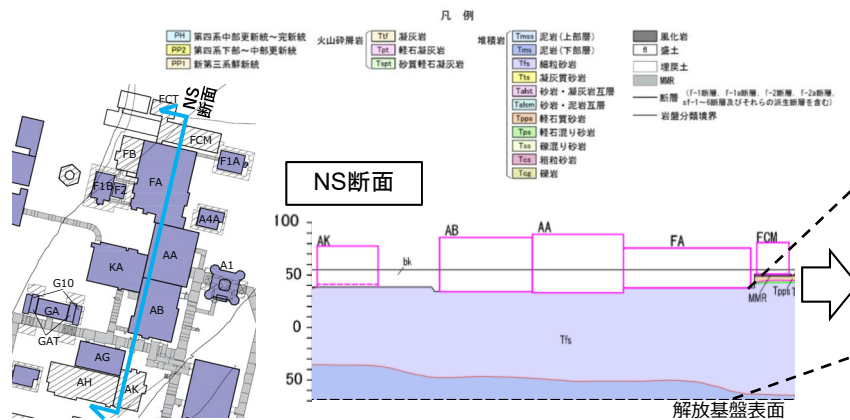
各手法の信頼区間を踏まえた減衰定数と地震観測記録との比較（中央地盤観測点）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.1 中央①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 中央①エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。

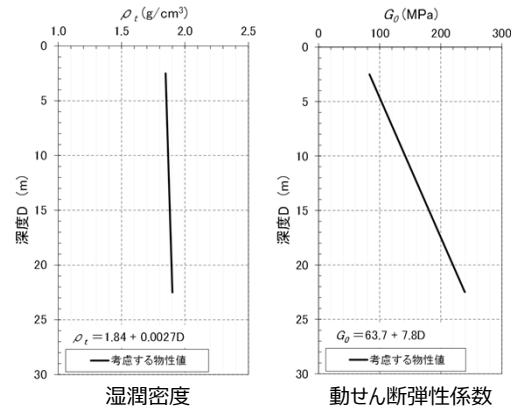
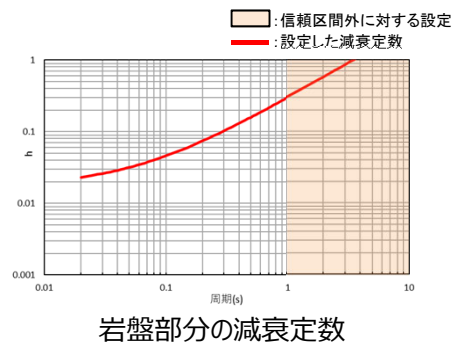


中央①エリアの地下構造

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)	剛性低下率 ($G/G_0 - \gamma$)	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	敷地内の平均値（深度依存考慮）を設定*2			考慮 ($G/G_0 - \gamma$)	考慮 ($h - \gamma$)
*1					線形条件	各手法における適用範囲を踏まえて設定した減衰定数*2
23.00	細粒砂岩	18.3	760	1940		
7.00		18.3	810	1970		
-35.00		18.1	820	1980		
-50.00	泥岩（下部層）	17.4	820	1950		
▽解放基盤表面	—	17.4	820	1950		

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2：岩盤部分の減衰定数及び埋戻し土の物性値については下図のとおり設定する。



表層地盤の物性値

6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.2 中央②エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.2 中央②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.2 中央②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

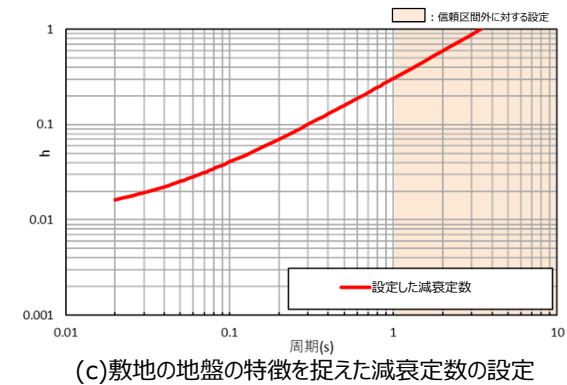
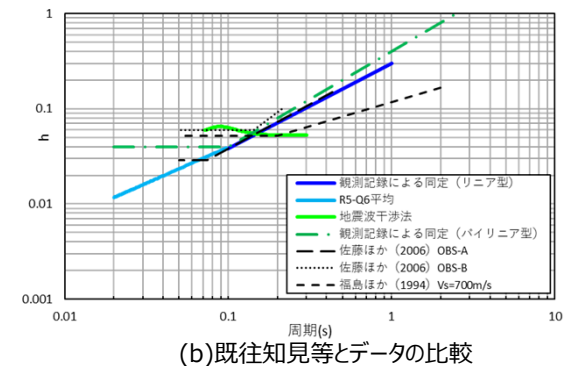
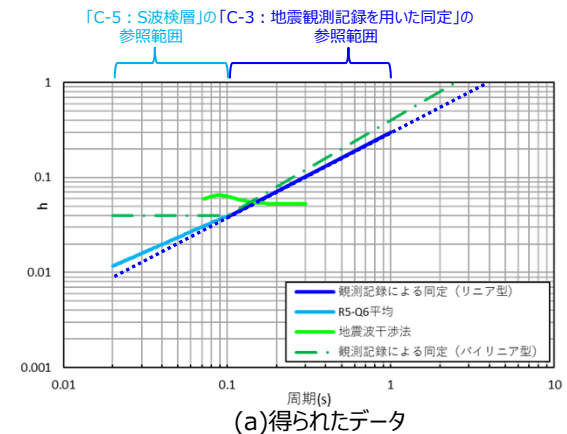
■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。

- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように、周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。

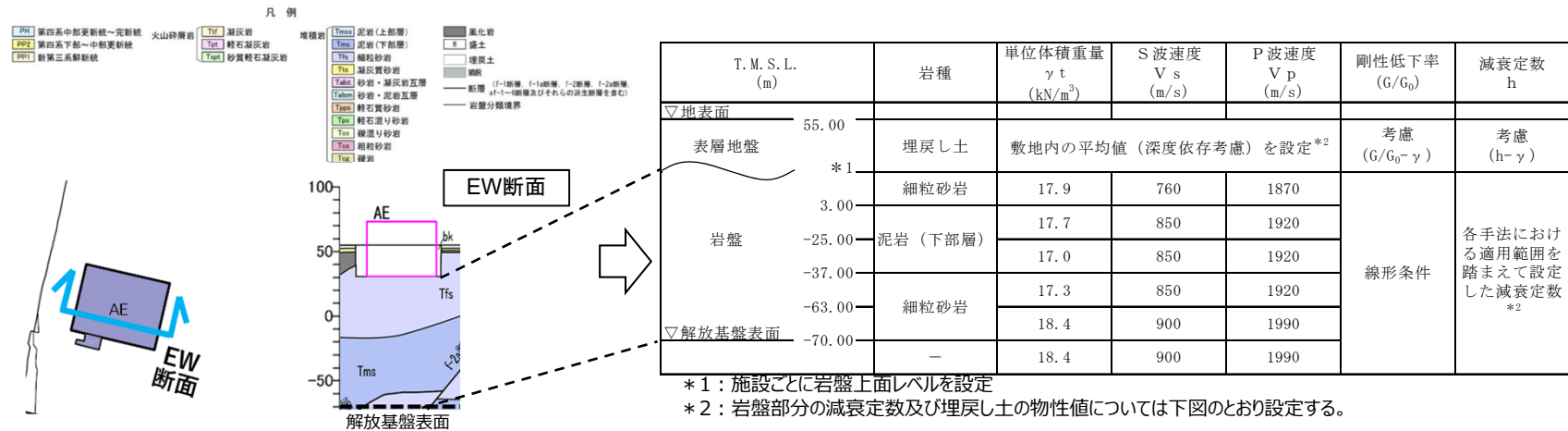


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

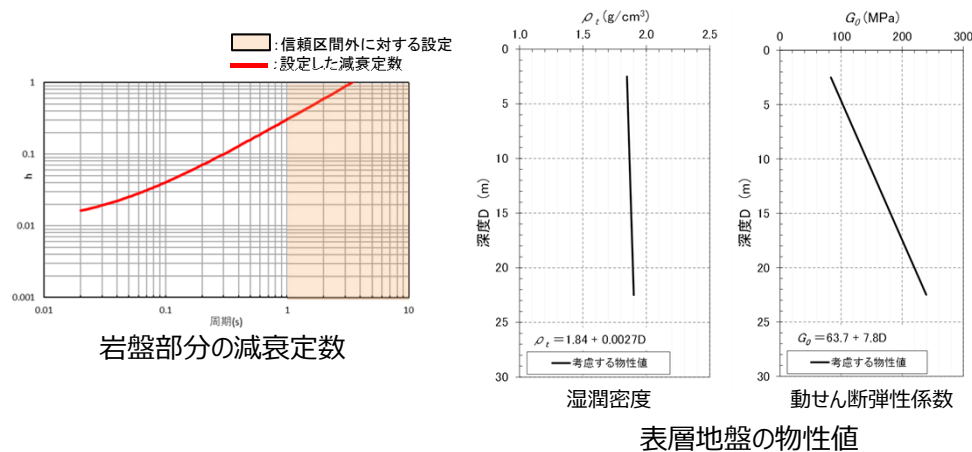
6.2 中央②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 中央②エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



中央②エリアの地下構造



6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.3 中央③エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.3 中央③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- ▶ なお、「5.データの再整理」に示したとおり、DC建屋直下において、断層の影響による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、「7.設計に用いる地盤モデルの設定」にて、耐震設計上の取り扱いを整理する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶ 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

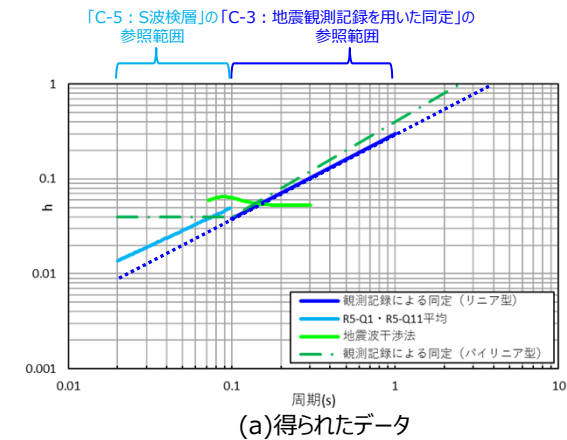
6.3 中央③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

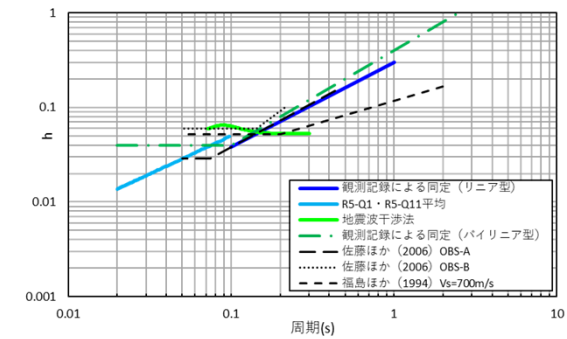
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

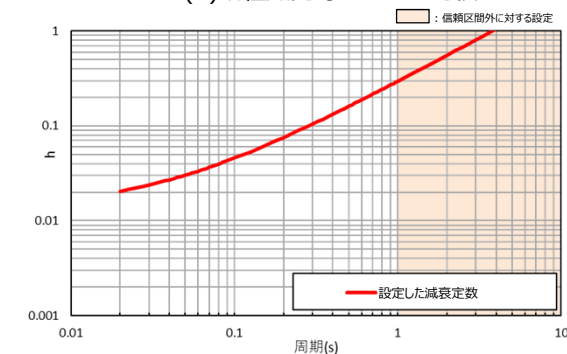
- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - ・リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - ・各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - ・地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。



(a)得られたデータ



(b)既往知見等とデータの比較



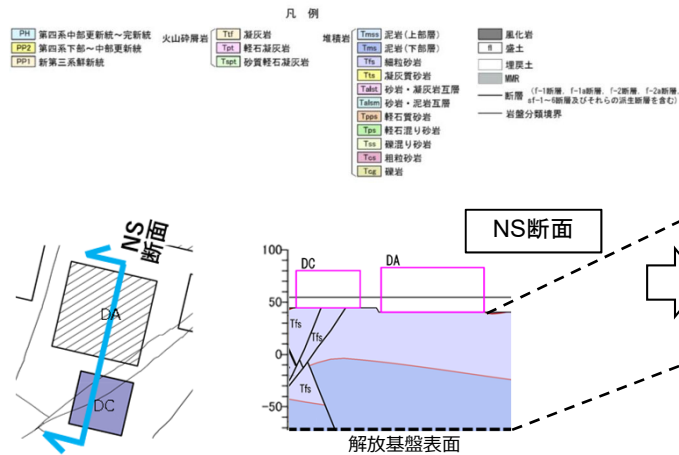
(c)敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.3 中央③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 中央③エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。

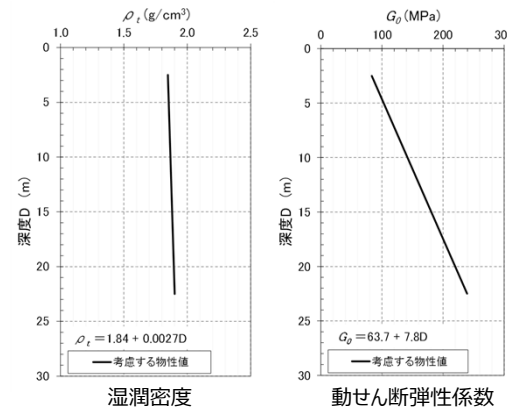
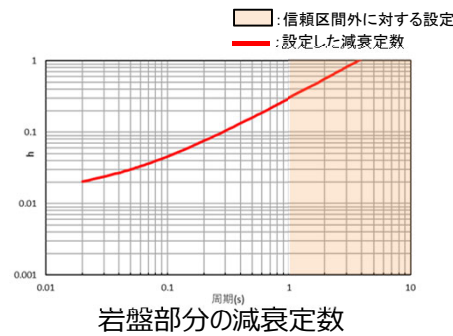


中央③エリアの地下構造

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 - γ)	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	敷地内の平均値（深度依存考慮）を設定*2		考慮 (G/G ₀ - γ)	考慮 (h- γ)	
*1	細粒砂岩	18.1	780	1860	線形条件	各手法における適用範囲を踏まえて設定した減衰定数*2
岩盤	泥岩（下部層）	-1.00	800	1930		
-24.00		17.0	770	1880		
-39.00		17.1	770	1870		
▽解放基盤表面	-70.00	—	17.1	770	1870	

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2：岩盤部分の減衰定数及び埋戻し土の物性値については下図のとおり設定する。



6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.4 西側①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.4 西側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

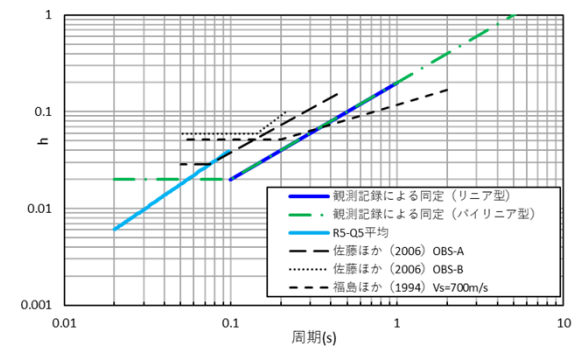
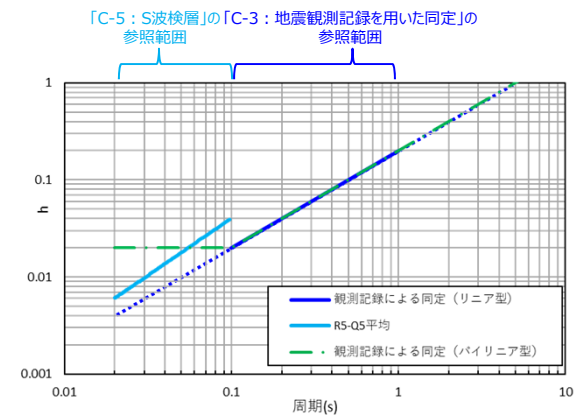
6.4 西側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

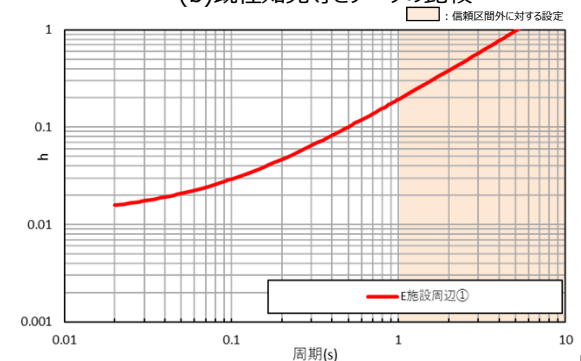
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。



(b)既往知見等とデータの比較



(c)敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

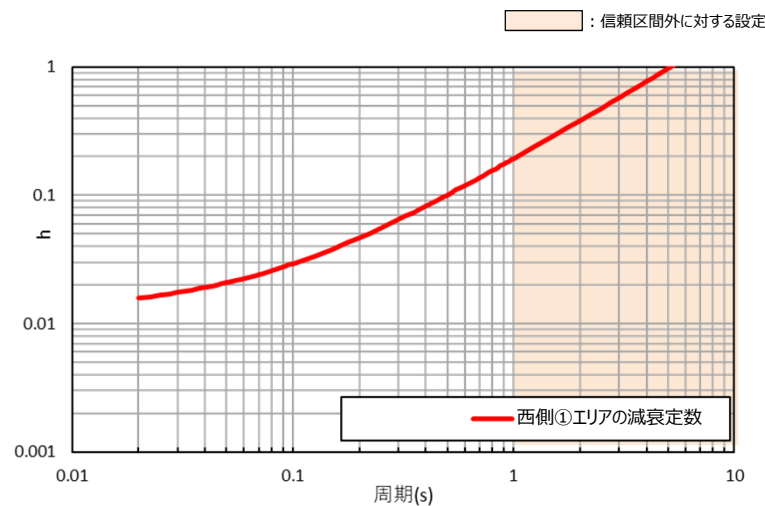
6.4 西側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

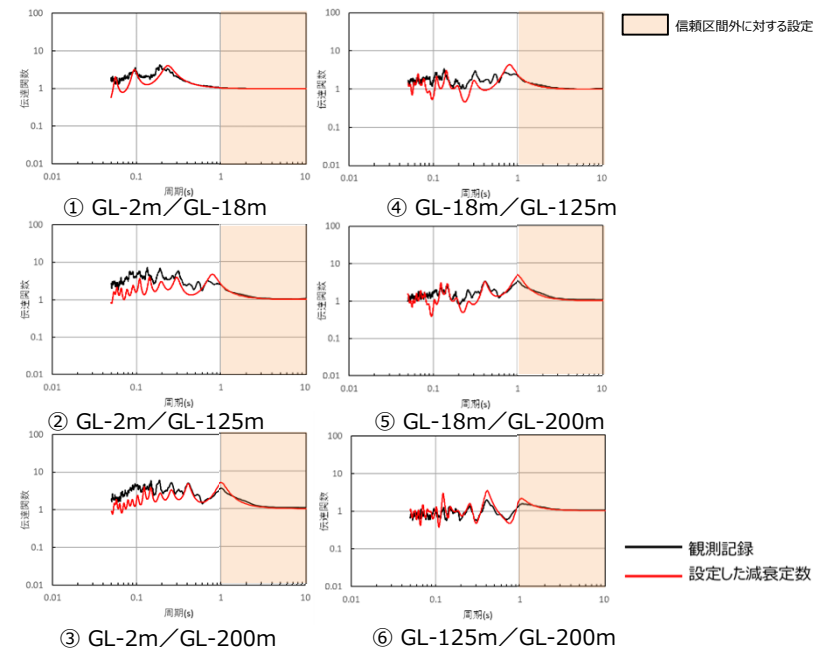
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【仮定した減衰定数の検証】

- 本エリアにおける減衰定数の仮定結果を用い、西側地盤観測点の地下構造に対して仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数を地震観測記録と比較した。
- 仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数は、いずれの深さ間においても地震観測記録をよく説明している。
- このことから、各手法の信頼区間を踏まえて仮定した減衰定数は、敷地における地震観測記録をよく説明する設定となり、地盤の特徴を捉えた地下構造としての値となっている。



本エリアで仮定した減衰定数



伝達関数の比較

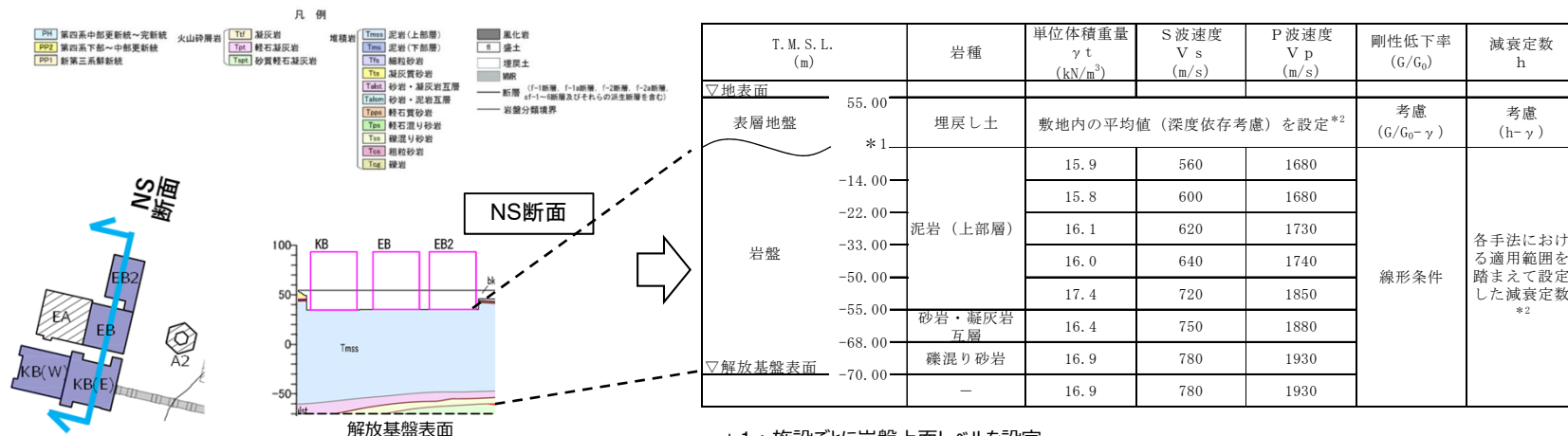
各手法の信頼区間を踏まえた減衰定数と地震観測記録との比較（西側地盤観測点）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.4 西側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

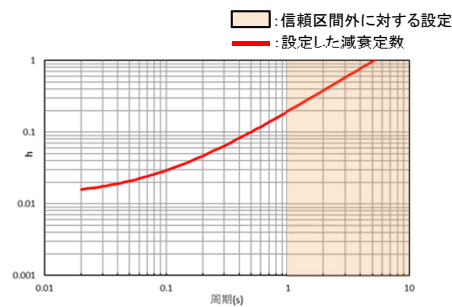
➤ 西側①エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



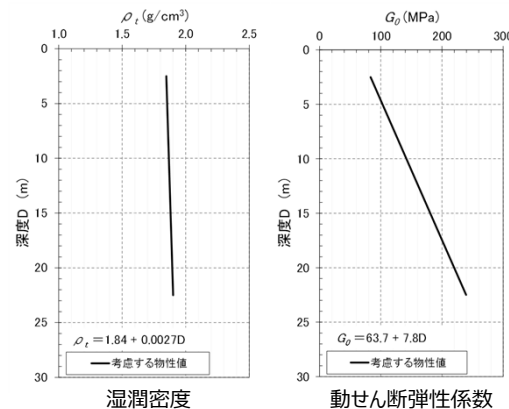
西側①エリアの地下構造

* 1 : 施設ごとに岩盤上面レベルを設定

* 2 : 岩盤部分の減衰定数及び埋戻し土の物性値については下図のとおり設定する。



岩盤部分の減衰定数



表層地盤の物性値

6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.5 東側①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.5 東側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- ▶ なお、「5.データの再整理」に示したとおり、AC建屋直下において、断層の影響による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、「7.設計に用いる地盤モデルの設定」にて、耐震設計上の取り扱いを整理する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶ 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.5 東側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

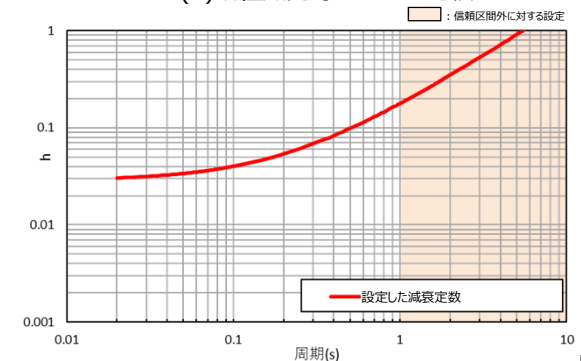
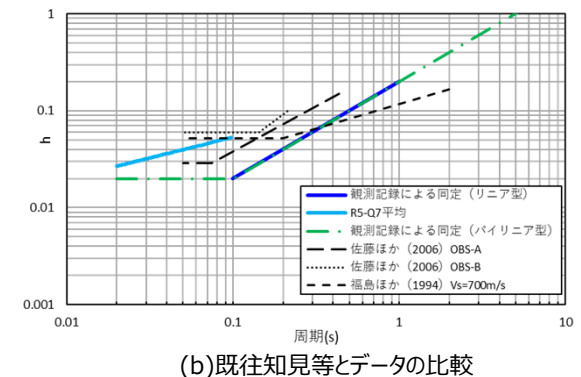
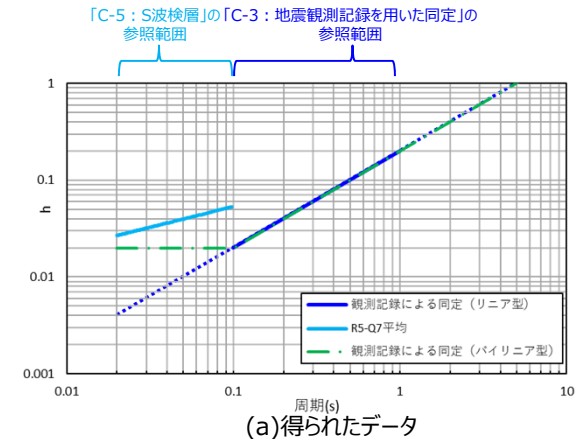
■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。

- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。

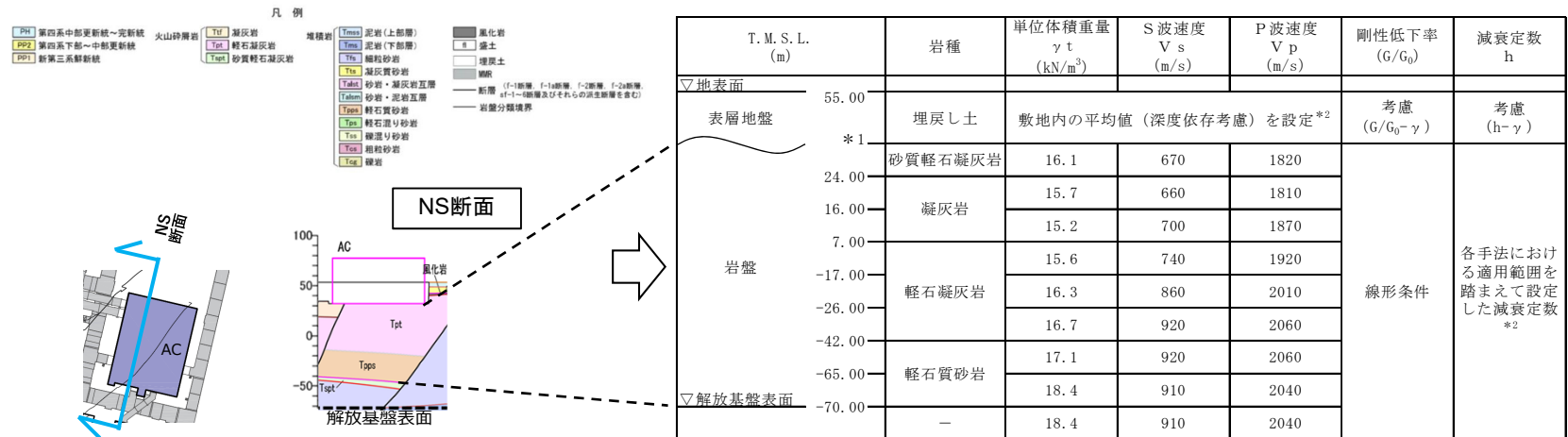


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.5 東側①エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

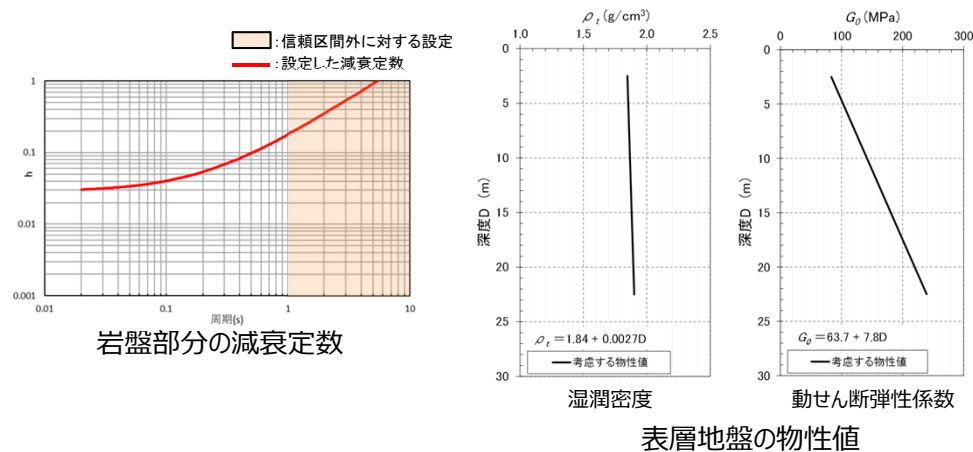
➤ 東側①エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



東側①エリアの地下構造

* 1 : 施設ごとに岩盤上面レベルを設定

* 2 : 岩盤部分の減衰定数及び埋戻し土の物性値については下図のとおり設定する。



6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.6 東側②エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.6 東側②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- ▶ なお、「5.データの再整理」に示したとおり、BA建屋直下において、断層の影響による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、「7.設計に用いる地盤モデルの設定」にて、耐震設計上の取り扱いを整理する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶ 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

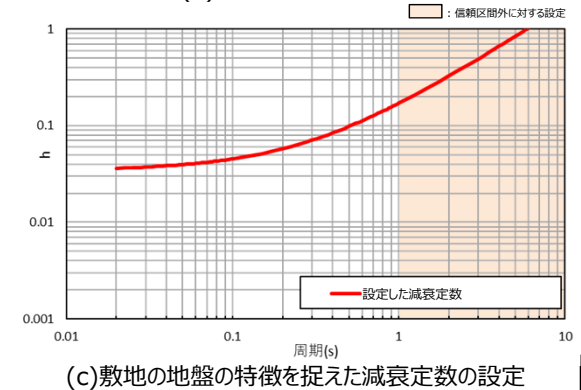
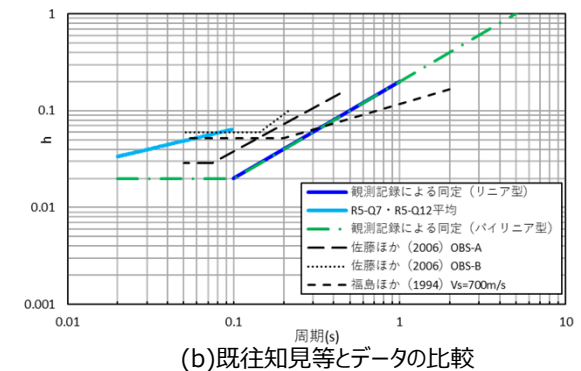
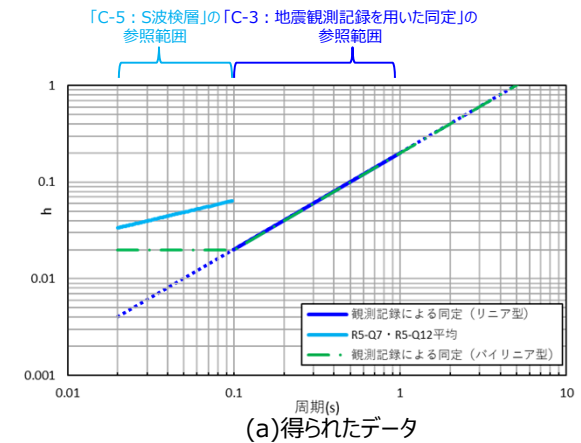
6.6 東側②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

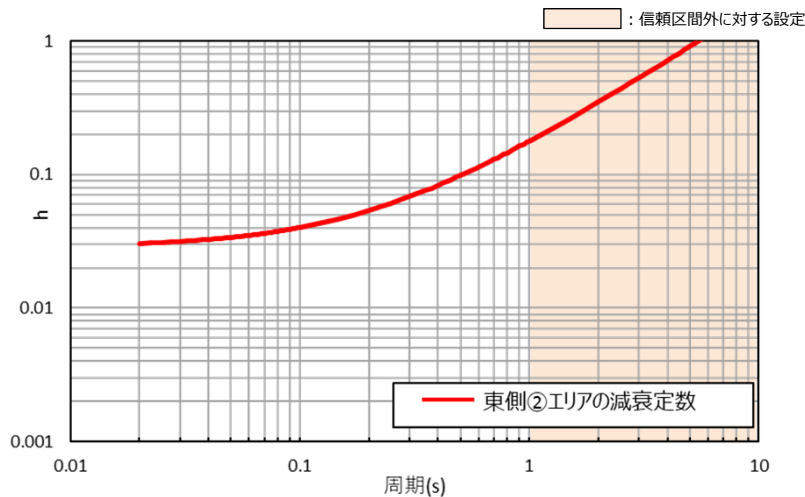
6.6 東側②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

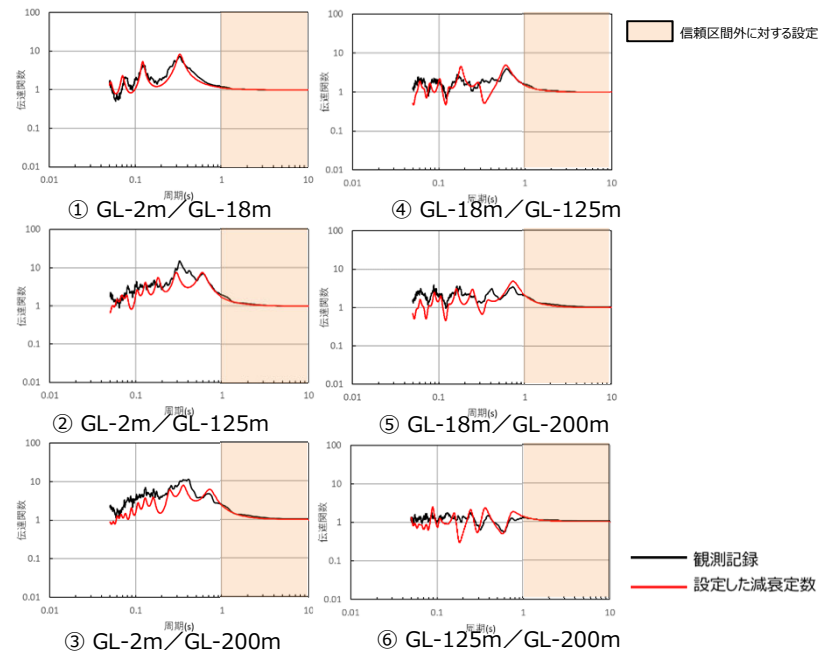
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【仮定した減衰定数の検証】

- 本エリアは、東側地盤観測点に最も近いエリアであることから、本エリアにおける減衰定数の仮定結果を用い、東側地盤観測点の地下構造に対して仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数を地震観測記録と比較した。
- 仮定した減衰定数を設定した場合の伝達関数は、いずれの深さ間においても地震観測記録をよく説明している。
- このことから、各手法の信頼区間を踏まえて仮定した減衰定数は、敷地における地震観測記録をよく説明する設定となり、地盤の特徴を捉えた地下構造としての値となっている。



本エリアで仮定した減衰定数



伝達関数の比較

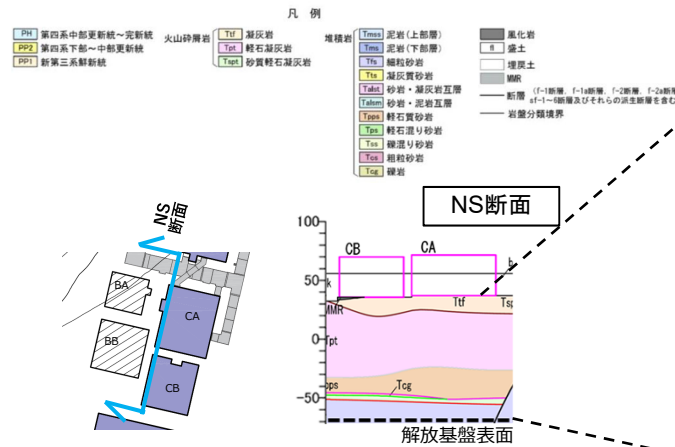
各手法の信頼区間を踏まえた減衰定数と地震観測記録との比較（東側地盤観測点）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.6 東側②エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 東側②エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。

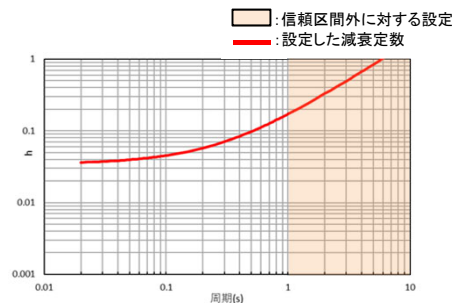


東側②エリアの地下構造

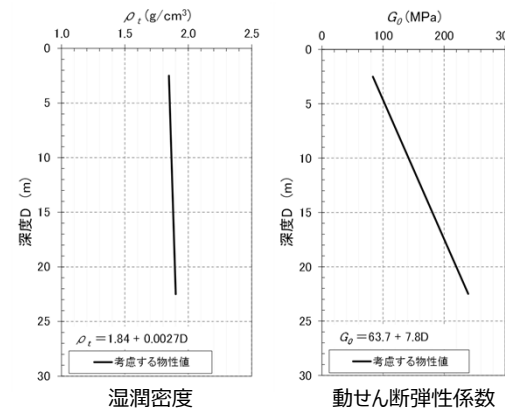
T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γt (kN/m^3)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 ($G/G_0 - \gamma$)	減衰定数 h
▽地表面						
表層地盤	埋戻し土	敷地内の平均値（深度依存考慮）を設定*2			考慮 ($G/G_0 - \gamma$)	考慮 ($h - \gamma$)
*1	砂質軽石凝灰岩	15.8	550	1720	線形条件	各手法における適用範囲を踏まえて設定した減衰定数*2
43.00	軽石混り砂岩	15.9	550	1720		
40.00	砂質軽石凝灰岩	16.7	640	1800		
31.00	凝灰岩	16.0	650	1810		
14.00	軽石凝灰岩	15.5	670	1810		
10.00		14.4	700	1850		
-7.00		15.1	760	1940		
-17.00	軽石質砂岩	15.9	860	2020		
-33.00		18.9	1010	2150		
-55.00	砂質軽石凝灰岩	16.5	1010	2150		
-60.00	細粒砂岩	18.3	1010	2150		
▽解放基盤表面	—	18.3	1010	2150		

* 1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定

* 2：岩盤部分の減衰定数及び埋戻し土の物性値については下図のとおり設定する。



岩盤部分の減衰定数



表層地盤の物性値

6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.7 東側③エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.7 東側③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した流動化処理土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

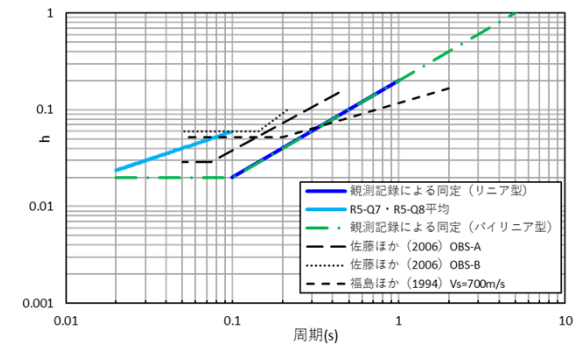
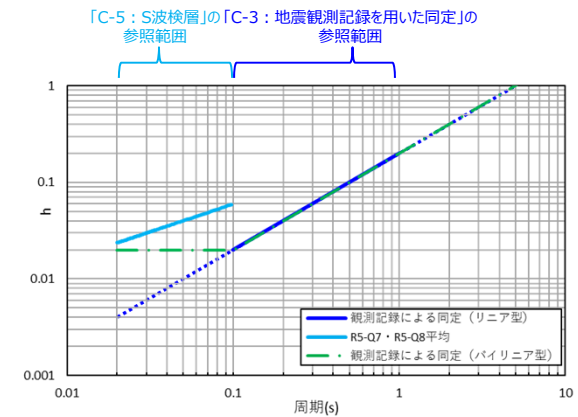
6.7 東側③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

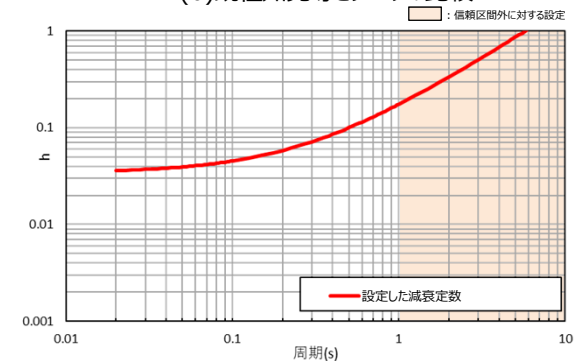
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。



(b) 既往知見等とデータの比較



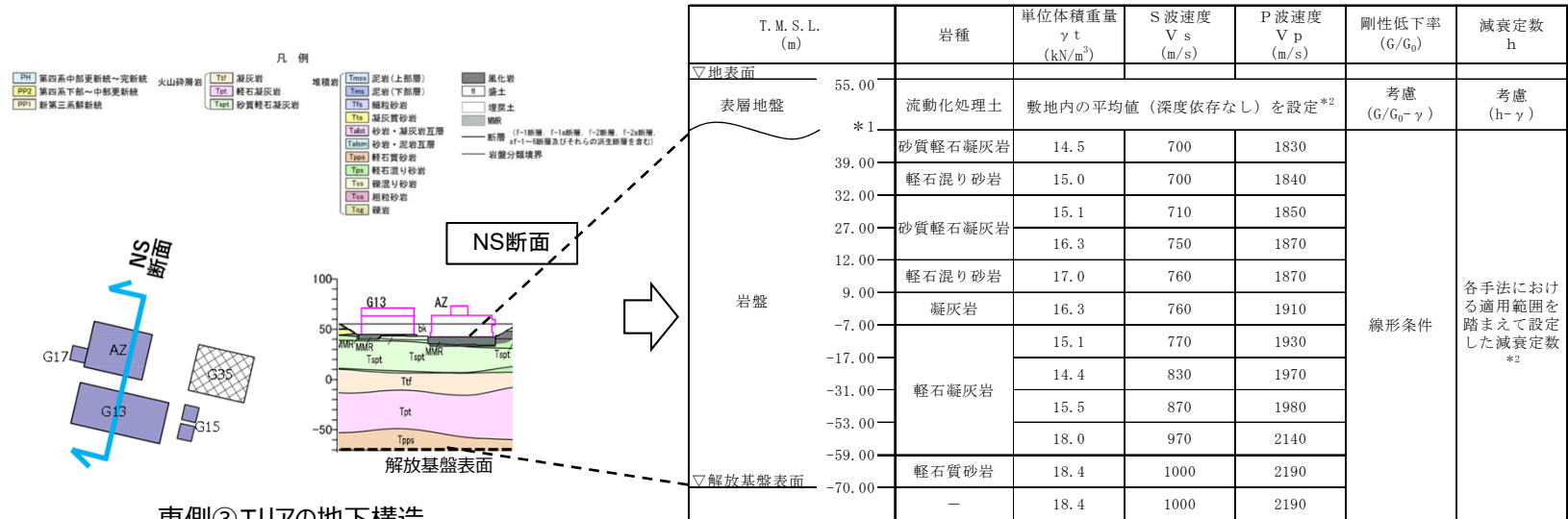
(c) 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.7 東側③エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

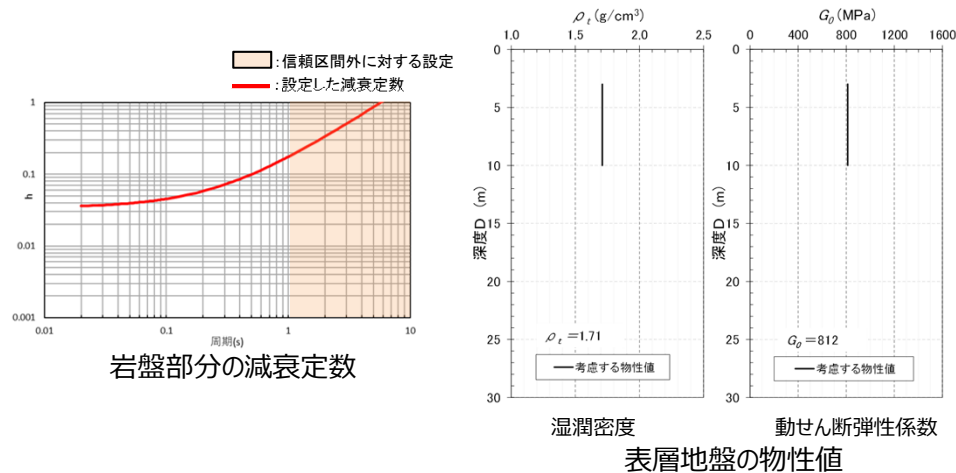
■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 東側③エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



東側③エリアの地下構造

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定
*2：岩盤部分の減衰定数及び流動化処理土の物性値については下図のとおり設定する。



6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.8 東側④エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.8 東側④エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶ 東側④エリアにおいては、断層の上盤側の地盤及び下盤側の地盤の両方が分布し、複雑な地質構造となっていることを踏まえ、地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、R5-Q4孔に基づく物性値等及びH-X_(2)孔に基づく物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、R5-Q4孔に基づく物性値等においては、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。
- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、H-X_(2)孔に基づく物性値等においては、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が否定できないことから、非線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶ 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶ 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示した流動化処理土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

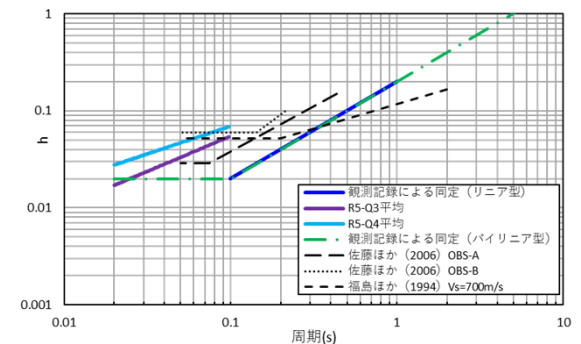
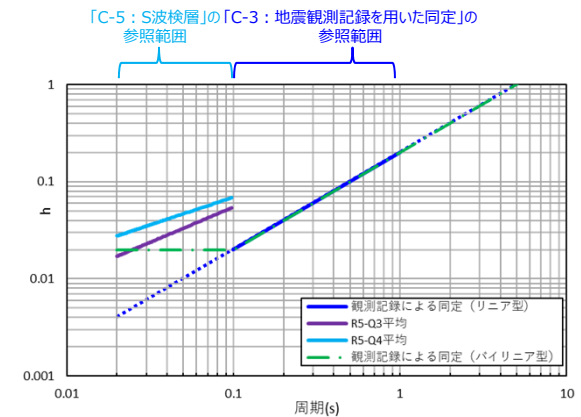
6.8 東側④エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

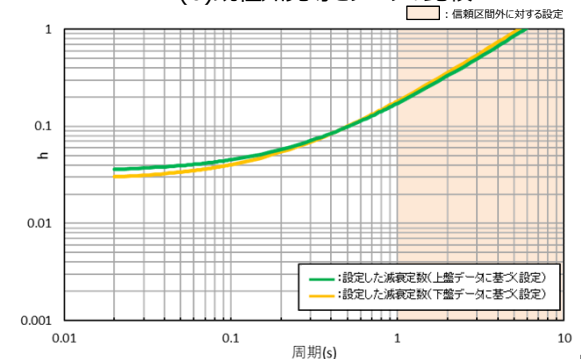
C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - ・リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - ・各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - ・地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。
- 東側④エリアについては、「5.データの再整理」に示したとおり、R5-Q4孔に基づく減衰定数及びR5-Q3孔に基づく減衰定数を考慮した。



(b)既往知見等とデータの比較



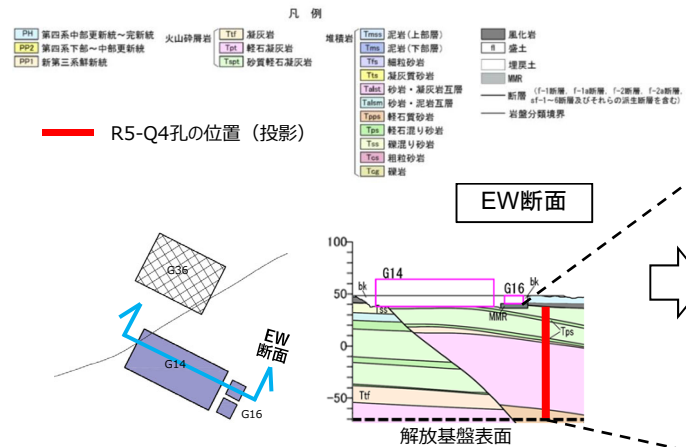
(c)敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.8 東側④エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 東側④エリアにおけるR5-Q4孔に基づく敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。

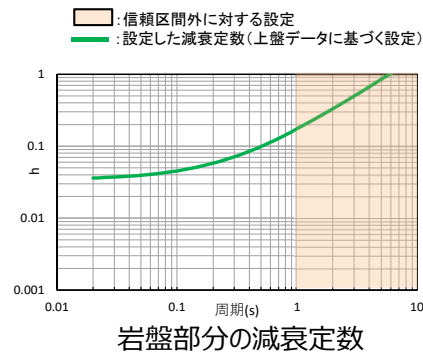


東側④エリアの地下構造

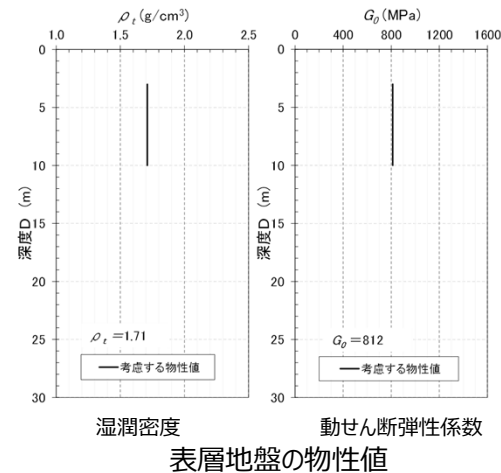
T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 (G/G_0)	減衰定数 h
▽地表面						
48.50	流動化処理土	敷地内の平均値（深度依存なし）を設定*2			考慮 ($G/G_0 - \gamma$)	考慮 ($h - \gamma$)
*1					線形条件	各手法における適用範囲を踏まえて設定した減衰定数*2
32.24	砂質軽石凝灰岩	15.8	630	1810		
29.41	軽石混り砂岩	16.0	630	1810		
13.17	砂質軽石凝灰岩	15.2	630	1810		
10.61	軽石混り砂岩	16.4	630	1810		
8.40	凝灰岩	16.1	630	1810		
-36.53	軽石凝灰岩	15.0	630	1810		
-58.13	軽石凝灰岩	15.4	940	2080		
-70.00	軽石質砂岩	18.0	940	2080		
	—	18.0	940	2080		

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2：岩盤部分の減衰定数及び流動化処理土の物性値については下図のとおり設定する。



岩盤部分の減衰定数



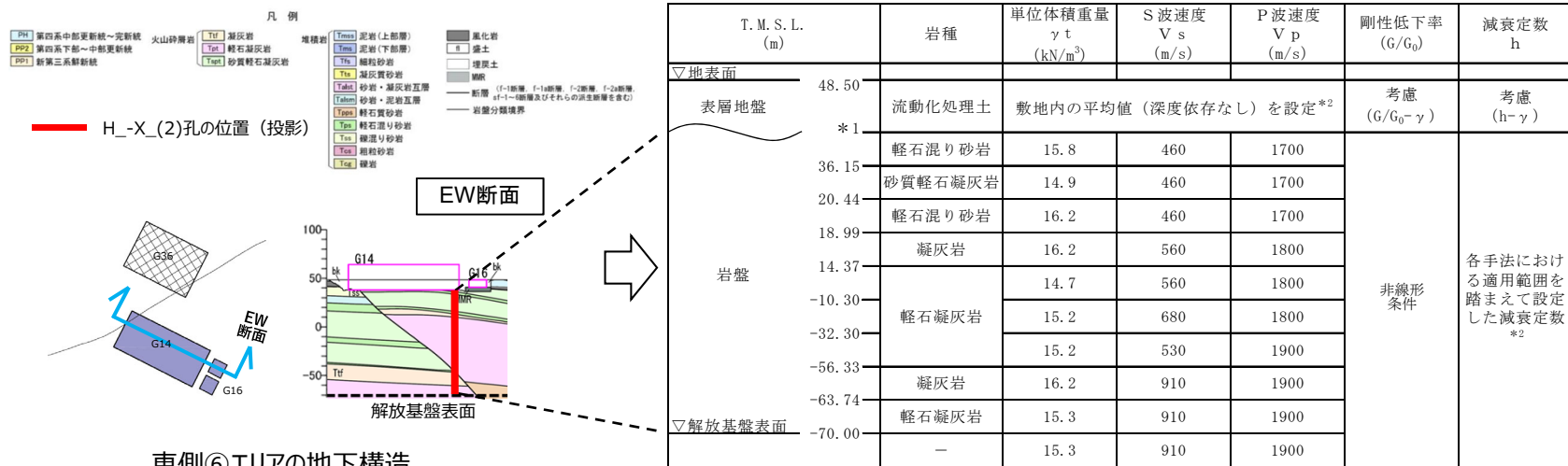
湿潤密度 動せん断弾性係数
表層地盤の物性値

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.8 東側④エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

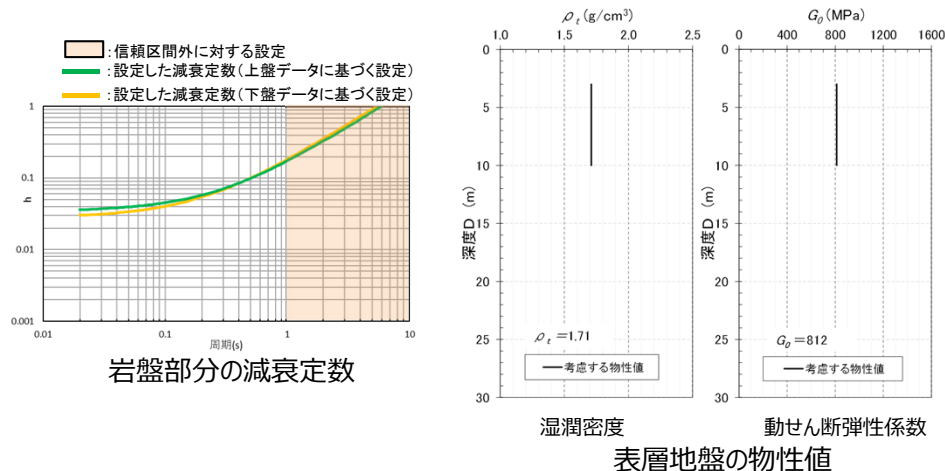
■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 東側④エリアにおけるH-X_(2)孔に基づく敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



東側④エリアの地下構造

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定
*2：岩盤部分の減衰定数及び流動化処理土の物性値については下図のとおり設定する。



6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

6.9 東側⑤エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.9 東側⑤エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、グループ内のPS検層データそれぞれに基づき、R5-Q3孔に基づく物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、Ss地震時においては岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶地盤の特徴を捉えた地下構造として、「5.データの再整理」に示したとおり、G36については埋込みの無い構築物であることから、表層地盤は考慮しない。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

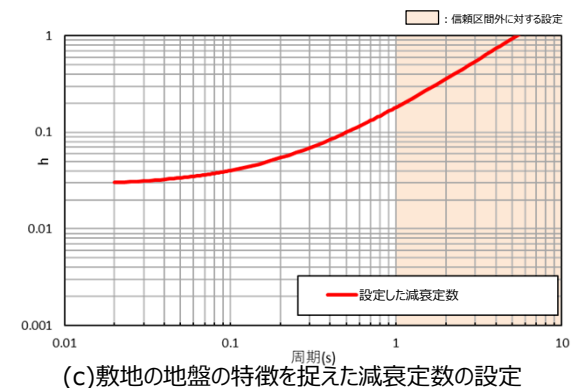
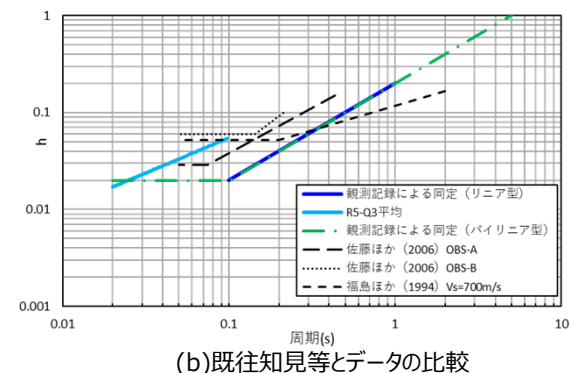
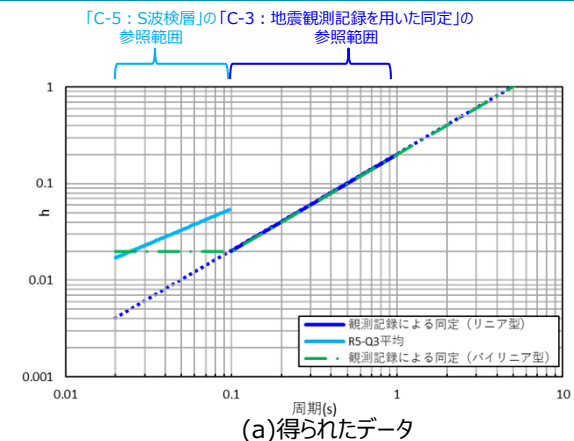
6.9 東側⑤エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

C. 岩盤部分の減衰定数に係る検討

【地盤の特徴を捉えた減衰定数の仮定】

- (a)図に示すとおり、地盤の特徴を捉えた減衰定数の設定にあたり用いるデータを、それぞれのデータのもつ信頼区間を踏まえてプロットした。
- (b)図に示すとおり、各データを既往知見に示される類似地点の減衰定数の評価結果と比較すると、以下の点から、敷地の地盤の特徴としては、岩盤部分の減衰定数については、既往知見に示される類似地点と同様にバイリニア型に近い傾向となることが示唆される。
 - リニア型の同定結果は、その信頼区間において、既往知見に示される減衰定数とよく整合しており、敷地の地盤は、類似地点と比較しても、特異な減衰定数を示すような地盤とはなっていないと考えられること。
 - 各知見において周期0.1秒付近よりも短周期側で減衰定数が周波数依存性を示さなくなる傾向に対し、敷地で得られたデータにおいても、S波検層の信頼区間である周期0.1秒よりも短周期側で、長周期側よりも大きい減衰定数を示す傾向にあること。また、その大きさも、既往知見における値の範囲内に位置していること。
 - 地震波干渉法データや、地震観測記録を説明することを確認しているバイリニア型の同定結果については、既往知見において周期0.1秒付近で周波数依存性を示さなくなる傾向と整合的であること。
- 以上を踏まえ、(c)図に示すとおり、短周期側に向かって周波数依存性の傾きが小さくなる曲線として、各手法の信頼区間のデータに適合するように周波数依存型の減衰定数を仮定した。なお、周期1.0秒よりも長周期側については信頼区間を有するデータが無いことから、当該曲線の傾きがそのまま維持される設定とした。

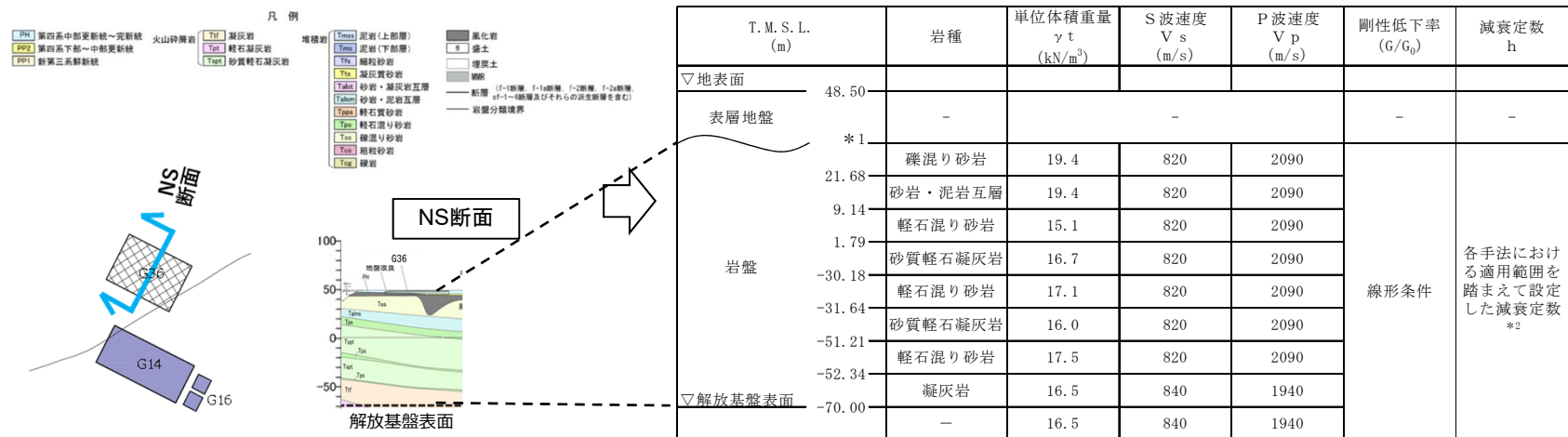


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6.9 東側⑤エリアの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定

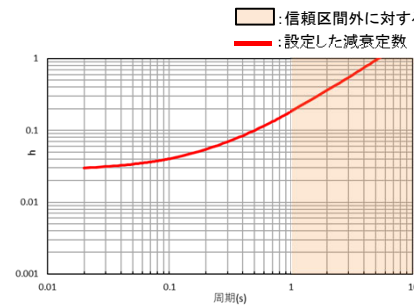
■ 地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果

➤ 東側⑤エリアにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を示す。



東側⑤エリアの地下構造

*1：施設ごとに岩盤上面レベルを設定
*2：岩盤部分の減衰定数については下図のとおり設定する。



岩盤部分の減衰定数

7.設計に用いる地盤モデルの設定

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.設計に用いる地盤モデルの設定

■設計に用いる地盤モデルの設定方針

- 「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」の設定結果に基づき、基本地盤モデルを設定する。
- 耐震設計においては、上記基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、データの持つばらつきや工学的な扱いを踏まえたケースについても考慮する。

●A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルは、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した物性値等に基づき設定する。
- また、耐震設計においては、上記基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、データの持つばらつきを考慮したケースについても考慮する。
- なお、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められる場合は、地盤物性のばらつきとして、「4.データの整理」における断層の影響を考慮した物性値のうち、入力地震動に対する影響が大きい地盤物性を考慮する。

●B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造」の設定結果に基づき、岩盤部分の剛性の非線形性により地盤応答への影響が認められない場合は、線形条件とする。
- 岩盤部分の剛性の非線形性により地盤応答への影響が認められる場合は、基本地盤モデルの設定において、非線形条件とする。

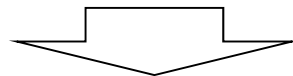
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.設計に用いる地盤モデルの設定

■設計に用いる地盤モデルの設定方針

●C. 岩盤部分の減衰定数

- 当社施設の設工認申請においては、建物・構築物の耐震設計にあたり、埋込効果を含む構造物との相互作用を考慮することから、それらを適切に解析できる一次元重複反射理論に基づく解析コードにより、基礎底面の入力地震動に加え、基礎底面に生じる切欠き力や、建屋側面からのドライビングフォースを算定する必要がある。
- 一次元重複反射理論は、これまで示した各種データ整理における信頼性の確認にあたっても用いていること、また、建物・構築物の入力地震動の算定にあたっては、JEAG4601-1987に示されるように、一般的に一次元波動論を仮定した地盤モデルを用いて算定され、他サイトにおける審査においても多数の実績を有している。
- このことから、当社施設における入力地震動の算定にあたっては、岩盤部分（線形条件）と表層地盤（非線形条件）を一体とした一次元の地盤モデルにより、等価線形解析により地盤中の各深さにおける地盤応答を算定する必要がある。
- ただし、一次元重複反射理論を用いた評価においては、解析の信頼性のため一般的に広く検証されているプログラムや、他サイト設工認等において使用実績を有するプログラムを用いるが、これらの解析プログラムは制限として、一般的な設定の範囲では周波数依存性と非線形性（ひずみ依存特性）を同時に考慮した解析は行えない。



上記を踏まえ、設計に用いる減衰定数については、周波数依存性のない条件での減衰定数を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.設計に用いる地盤モデルの設定

■設計に用いる地盤モデルの設定方針

●C. 岩盤部分の減衰定数

- 基本地盤モデルに設定する減衰定数については、敷地において得られたデータに基づき「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」にて整理した地盤の特徴を捉えた地下構造に対応するものとして設定する。
 - 「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」で整理した敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造に対応するように、全周期一定の減衰定数として設定する。
 - 「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」において整理した敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の値は、散乱減衰の成分が支配的な周期帯（0.1秒～1.0秒）において、地震観測記録を用いた同定結果に整合するように設定したものであることから、これと等価な設定として、全周期一定の仮定条件のもと地震観測記録を用いて同定した値を設定する。
 - 上記により設定した減衰定数については、一部周期帯において、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の値よりも大きい値が示される場合は、その周期帯の減衰定数が地盤応答の応答スペクトルに与える影響を確認する。確認は、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を考慮した場合との地盤応答の比較により行う。
- 敷地における減衰定数は、敷地において得られたデータに基づき作成しているものであるものの、エリアによっては用いているデータが少ない、複数手法の組み合わせにより推定している、小振幅の観測記録により設定している。一方、Ss地震時は、地盤のひずみの進行に伴い、材料減衰が増大することは、一般的な知見や、当社で得られている三軸圧縮試験データからも裏付けられている。また、この減衰定数は、原子力施設の安全設計に用いるものである。これらのことを総合的に考慮し、工学的に、基本地盤モデルに設定した値に対し、1%小さい値を考慮したケースを考慮する。

●D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルは、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した物性値を設定する。
- また、耐震設計においては、上記基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、データの持つばらつきを考慮したケースについても考慮する。

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.1 中央①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.1 中央①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

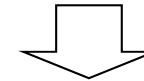
7.1 中央①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

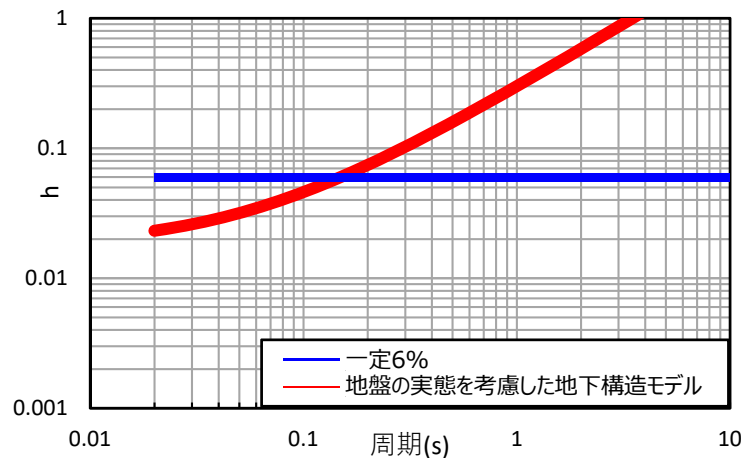
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、中央地盤観測点における6.7%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた6%を設定する。
- 設定した減衰定数（6%）は、周期0.1~0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（6%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（5%）とするケースを考慮する。

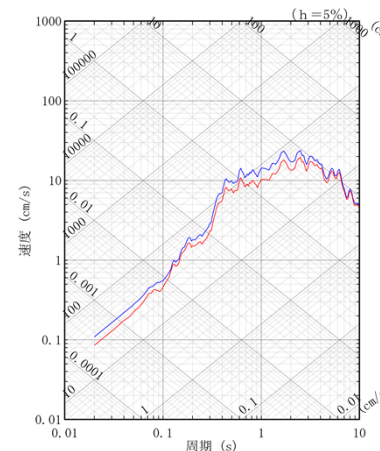
地震観測記録を用いた同定結果 (中央地盤, 全周期一定仮定)	6.7%
-----------------------------------	------



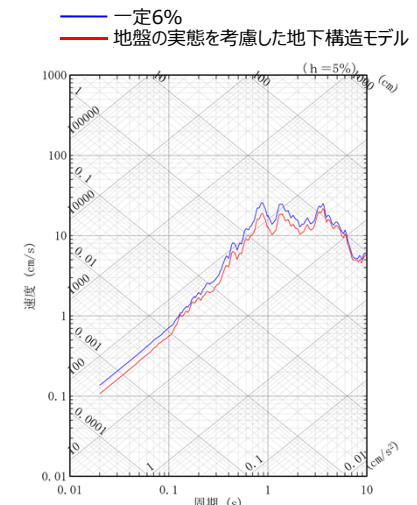
基本地盤モデルの設定値	6%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（6%一定）の比較（中央①エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（6%）の地盤応答比較（201103111446地震, 中央①エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.1 中央①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（中央①エリア）

➤ 中央①エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	細粒砂岩	18.3	760	1940	—	6
▽T.M.S.L.23.00m	細粒砂岩	18.3	810	1970	—	6
▽T.M.S.L.7.00m	細粒砂岩	18.1	820	1980	—	6
▽T.M.S.L.-35.00m	細粒砂岩	17.8	820	1970	—	6
▽T.M.S.L.-50.00m	泥岩（下部層）	17.4	820	1950	—	6
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	17.4	820	1950	—	6

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.2 中央②エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.2 中央②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

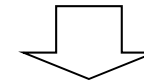
7.2 中央②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

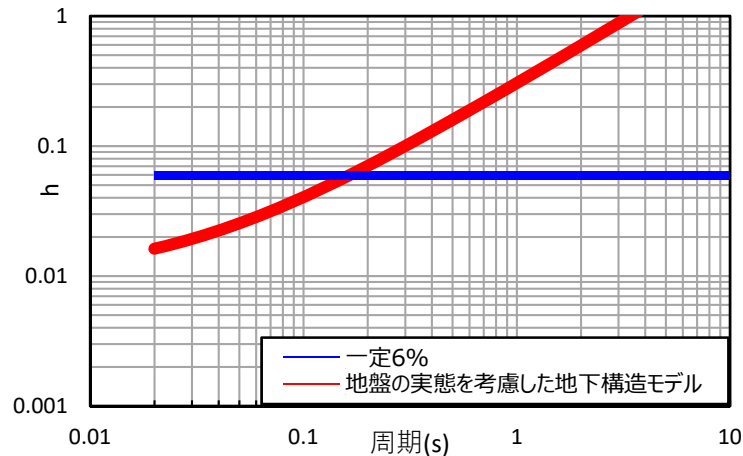
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、中央地盤観測点における6.7%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた6%を、設定する。
- 設定した減衰定数（6%）は、周期0.1~0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（6%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（5%）を用いたケースを考慮する。

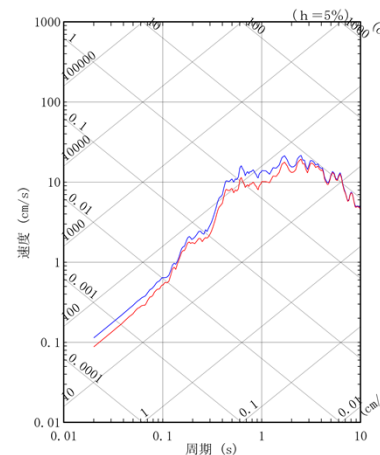
地震観測記録を用いた同定結果 (中央地盤, 全周期一定仮定)	6.7%
-----------------------------------	------



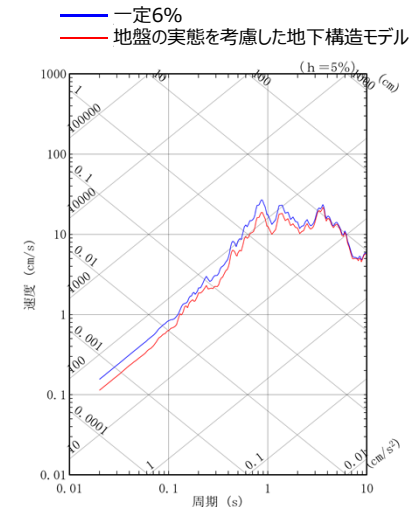
基本地盤モデルの設定値	6%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（6%一定）の比較（中央②エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（6%）の地盤応答比較（201103111446地震，中央②エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.2 中央②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（中央②エリア）

➤ 中央②エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土 *1	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
	細粒砂岩	17.9	760	1870	—	6
▽T.M.S.L.3.00m	泥岩(下部層)	17.7	850	1920	—	6
▽T.M.S.L.-25.00m	泥岩(下部層)	17.0	850	1920	—	6
▽T.M.S.L.-37.00m	細粒砂岩	17.3	850	1920	—	6
▽T.M.S.L.-63.00m	細粒砂岩	18.4	900	1990	—	6
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.4	900	1990	—	6

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.3 中央③エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.3 中央③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- なお、DC建屋については「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、直下において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、地盤物性のばらつきとして、建屋東端に設定した地盤物性を、DC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデルとして設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

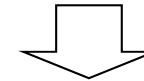
7.3 中央③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

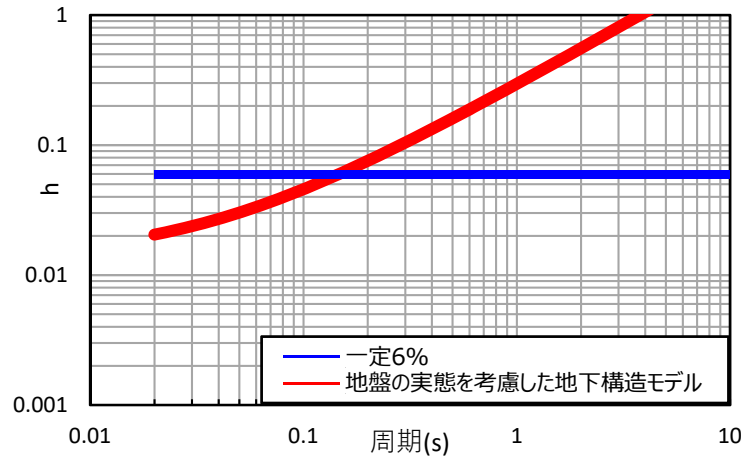
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、中央地盤観測点における6.7%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた6%を設定する。
- 設定した減衰定数（6%）は、周期0.1~0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（6%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（5%）とするケースを考慮する。

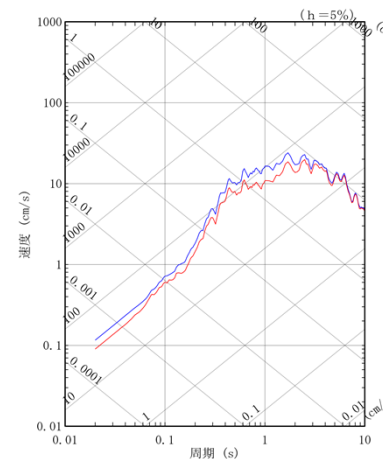
地震観測記録を用いた同定結果 (中央地盤, 全周期一定仮定)	6.7%
-----------------------------------	------



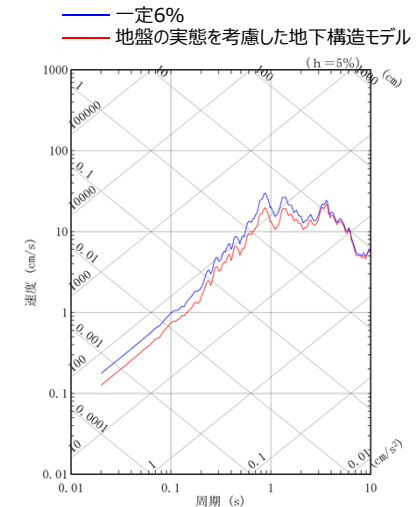
基本地盤モデルの設定値	6%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（6%一定）の比較（中央③エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（6%）の地盤応答比較（201103111446地震, 中央③エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

7.3 中央③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果 (中央③エリア)

➤ 中央③エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル (エリア内のデータを平均化したモデル)

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	細粒砂岩	18.1	780	1860	—	6
▽T.M.S.L.-1.00m	泥岩(下部層)	17.1	800	1930	—	6
▽T.M.S.L.-24.00m	泥岩(下部層)	17.0	770	1880	—	6
▽T.M.S.L.-39.00m	泥岩(下部層)	17.1	770	1870	—	6
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	17.1	770	1870	—	6

*1 : 各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2 : $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3 : $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4 : $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.3 中央③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ DC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル

DC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル（東端位置）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1 ▽T.M.S.L.33.09m	細粒砂岩	18.1	630	1480	—	6
	細粒砂岩	18.1	810	1890	—	6
▽T.M.S.L.-27.89m	細粒砂岩	18.2	810	1890	—	6
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.2	810	1890	—	6

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.4 西側①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.4 西側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

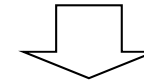
7.4 西側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

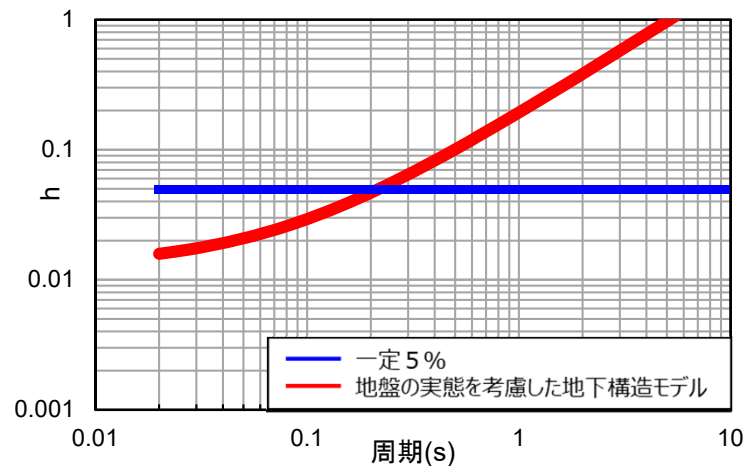
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、西側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期約0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

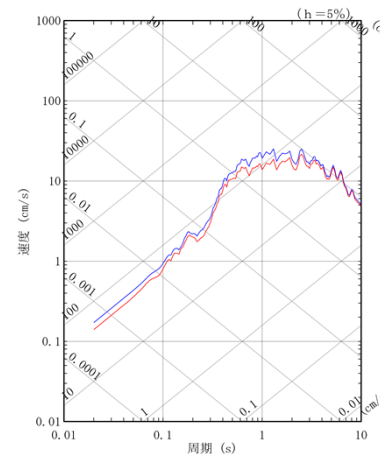
地震観測記録を用いた同定結果 (西側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



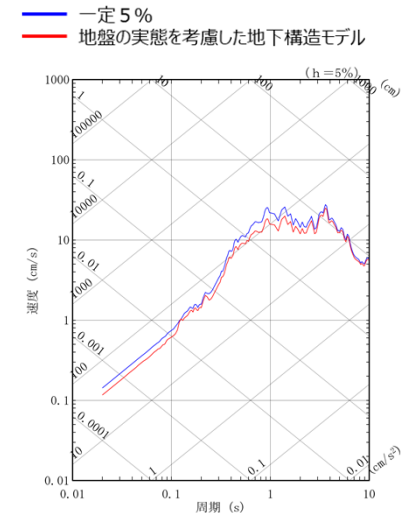
基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（西側①エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震, 西側①エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.4 西側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（西側①エリア）

➤ 西側①エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	泥岩（上部層）	15.9	560	1680	—	5
▽T.M.S.L.-14.00m	泥岩（上部層）	15.8	600	1680	—	5
▽T.M.S.L.-22.00m	泥岩（上部層）	16.1	620	1730	—	5
▽T.M.S.L.-33.00m	泥岩（上部層）	16.0	640	1740	—	5
▽T.M.S.L.-50.00m	泥岩（上部層）	17.4	720	1850	—	5
▽T.M.S.L.-55.00m	砂岩・凝灰岩互層	16.4	750	1880	—	5
▽T.M.S.L.-68.00m	礫混り砂岩	16.9	780	1930	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基礎表面)	—	16.9	780	1930	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.5 東側①エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.5 東側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- なお、AC建屋については「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、直下において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、地盤物性のばらつきとして、建屋南端に設定した地盤物性を、AC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデルとして設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

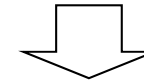
7.5 東側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

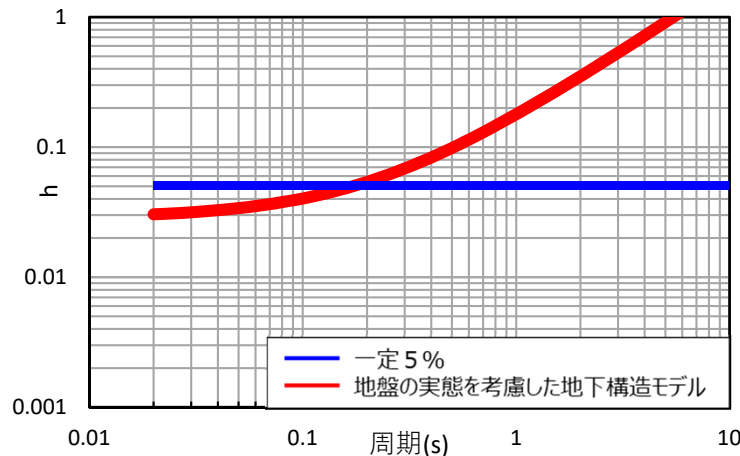
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、西側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期約0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

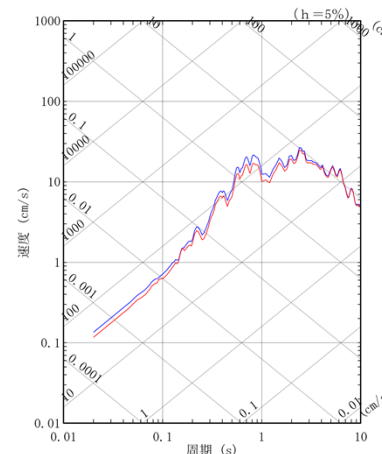
地震観測記録を用いた同定結果 (西側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



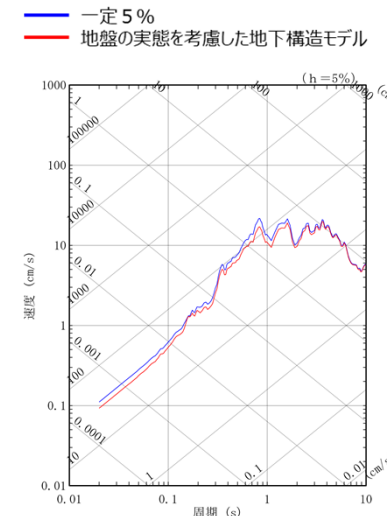
基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側①エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震, 東側①エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.5 東側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側①エリア）

➤ 東側①エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

層高	層名	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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	砂質軽石凝灰岩	16.1	670	1820	—	5
▽T.M.S.L.24.00m	凝灰岩	15.7	660	1810	—	5
▽T.M.S.L.16.00m	凝灰岩	15.2	700	1870	—	5
▽T.M.S.L.7.00m	軽石凝灰岩	15.6	740	1920	—	5
▽T.M.S.L.-17.00m	軽石凝灰岩	16.3	860	2010	—	5
▽T.M.S.L.-26.00m	軽石凝灰岩	16.7	920	2060	—	5
▽T.M.S.L.-42.00m	軽石質砂岩	17.1	920	2060	—	5
▽T.M.S.L.-65.00m	軽石質砂岩	18.4	910	2040	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基礎表面)	—	18.4	910	2040	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

7.5 東側①エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ AC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル

AC建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル (南端位置)

▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
*1		$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
▽T.M.S.L.20.34m	凝灰岩	16.0	550	1720	—	5
	軽石凝灰岩	15.1	710	1950	—	5
▽T.M.S.L.8.82m	軽石凝灰岩	15.1	730	1920	—	5
▽T.M.S.L.-12.41m	軽石質砂岩	18.7	950	2100	—	5
▽T.M.S.L.-39.74m	砂質軽石凝灰岩	16.0	950	2100	—	5
▽T.M.S.L.-43.47m	細粒砂岩	18.2	950	2100	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.2	950	2100	—	5

*1 : 各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2 : $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3 : $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4 : $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.6 東側②エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.6 東側②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- ▶ 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。
- ▶ なお、BA建屋については「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、直下において、断層による地下構造の違いを考慮した場合の地盤応答への影響が認められることから、地盤物性のばらつきとして、建屋西端及び建屋北端に設定した地盤物性を、BA建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデルとして設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- ▶ 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- ▶ 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- ▶ 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した埋戻し土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

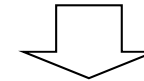
7.6 東側②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

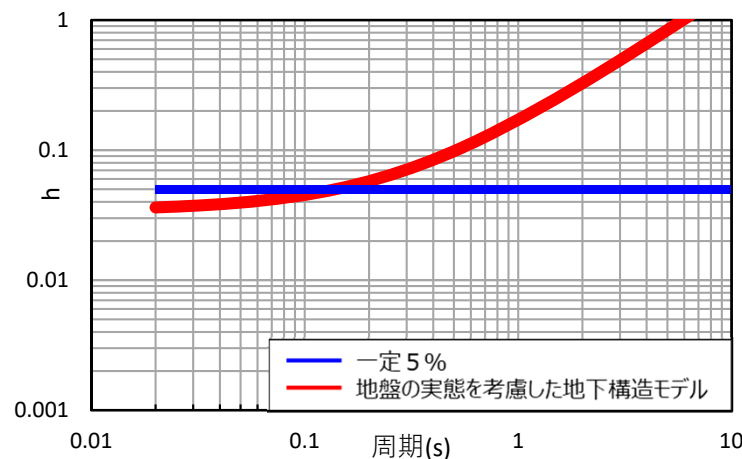
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、東側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期0.1秒～0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

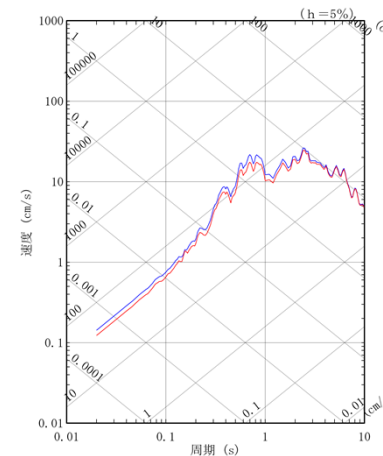
地震観測記録を用いた同定結果 (東側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



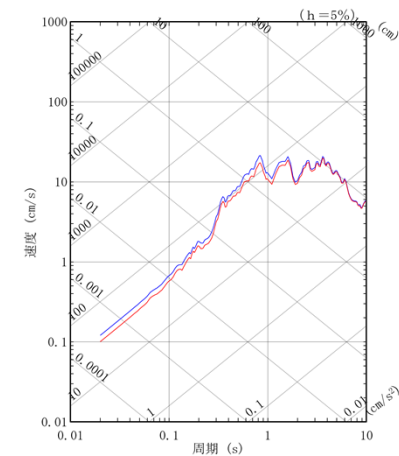
基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側②エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震、東側②エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.6 東側②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側②エリア）

➤ 東側②エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

層番号	層名	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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1 ▽T.M.S.L.43.00m	砂質軽石凝灰岩	15.8	550	1720	—	5
▽T.M.S.L.40.00m	軽石混り砂岩	15.9	550	1720	—	5
▽T.M.S.L.31.00m	砂質軽石凝灰岩	16.7	640	1800	—	5
▽T.M.S.L.14.00m	凝灰岩	16.0	650	1810	—	5
▽T.M.S.L.10.00m	軽石凝灰岩	15.5	670	1810	—	5
▽T.M.S.L.-7.00m	軽石凝灰岩	14.4	700	1850	—	5
▽T.M.S.L.-17.00m	軽石凝灰岩	15.1	760	1940	—	5
▽T.M.S.L.-33.00m	軽石凝灰岩	15.9	860	2020	—	5
▽T.M.S.L.-55.00m	軽石質砂岩	18.9	1010	2150	—	5
▽T.M.S.L.-60.00m	砂質軽石凝灰岩	16.5	1010	2150	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m	細粒砂岩	18.3	1010	2150	—	5
(解放基盤表面)	—	18.3	1010	2150	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.6 東側②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ BA建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル

BA建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル（西端位置）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	軽石凝灰岩	15.0	830	1980	—	5
▽T.M.S.L.14.34 m	軽石質砂岩	18.7	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-12.52m	砂質軽石凝灰岩	15.9	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-19.96m	細粒砂岩	18.2	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.2	960	2130	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.6 東側②エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ BA建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル

BA建屋の建屋直下の断層の影響を考慮した地盤モデル（北端位置）

		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.-55.00m	埋戻し土	$P_t=1.84+0.0027D$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ に基づき設定*3	$G_0=63.7+7.8D$ $P_t=1.84+0.0027D$ $v=0.38$ に基づき設定*4	$1/(1+12.7\gamma^{0.914})$	$\gamma/(0.0631\gamma+0.00599)+1.29$
*1	軽石凝灰岩	15.0	830	1980	—	5
▽T.M.S.L.-0.67 m	軽石質砂岩	18.7	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-27.23m	砂質軽石凝灰岩	15.9	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-33.95m	細粒砂岩	18.2	960	2130	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.2	960	2130	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.7 東側③エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.7 東側③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、エリア内のデータを平均化した物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した流動化処理土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

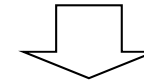
7.7 東側③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

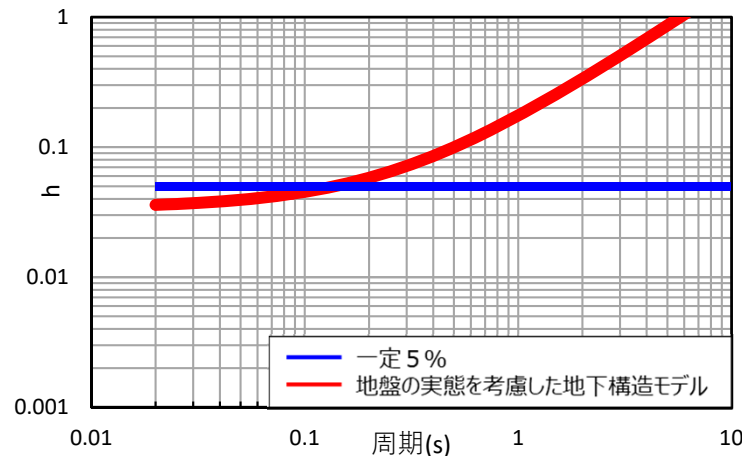
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、東側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期0.1秒～0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

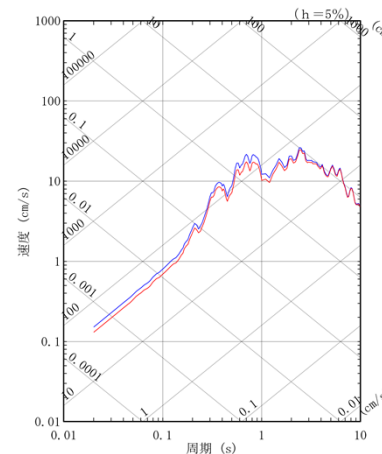
地震観測記録を用いた同定結果 (東側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



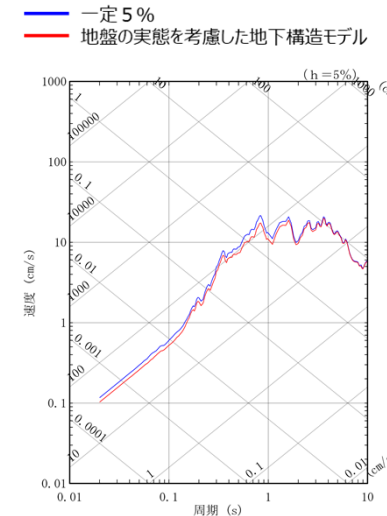
基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側③エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震，東側③エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.7 東側③エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側③エリア）

▶ 東側③エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（エリア内のデータを平均化したモデル）

▽T.M.S.L.55.00m		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
	流動化処理土	$P_t=1.71$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=812$ $P_t=1.71$ に基づき設定*3	$G_0=812$ $P_t=1.71$ $v=0.40$ に基づき設定*4	$1/(1+9.63\gamma^{1.01})$	$\sqrt{(0.0798\gamma+0.0150)+1.48}$
*1 ▽T.M.S.L.39.00m	砂質軽石凝灰岩	14.5	700	1830	—	5
▽T.M.S.L.32.00m	軽石混り砂岩	15.0	700	1840	—	5
▽T.M.S.L.27.00m	砂質軽石凝灰岩	15.1	710	1850	—	5
	砂質軽石凝灰岩	16.3	750	1870	—	5
▽T.M.S.L.12.00m	軽石混り砂岩	17.0	760	1870	—	5
▽T.M.S.L.9.00m	凝灰岩	16.3	760	1910	—	5
▽T.M.S.L.-7.00m	軽石凝灰岩	15.1	770	1930	—	5
▽T.M.S.L.-17.00m	軽石凝灰岩	14.4	830	1970	—	5
▽T.M.S.L.-31.00m	軽石凝灰岩	15.5	870	1980	—	5
▽T.M.S.L.-53.00m	軽石凝灰岩	18.0	970	2140	—	5
▽T.M.S.L.-59.00m	軽石質砂岩	18.4	1000	2190	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	18.4	1000	2190	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.8 東側④エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 東側④エリアにおいては、断層の上盤側の地盤及び下盤側の地盤の両方が分布し、複雑な地質構造となっていることを踏まえ、R5-Q4孔に基づく物性値等を用いたモデル、H₋X₍₂₎孔に基づく物性値等を用いたモデル、断層による地下構造の違いを反映した2次元FEMモデルの3つのモデルを設定する。
- 上記の3つのモデルにより、地震動を算定し、施設への影響を工学的に判断し、設計に用いる地盤モデルを設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、R5-Q4孔に基づく物性値等においては、S_s地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が無いことから、線形条件とする。
- 地盤の特徴を捉えた地下構造として、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、H₋X₍₂₎孔に基づく物性値等においては、S_s地震時には岩盤部分の剛性の非線形性が地盤応答に及ぼす影響が否定できないことから、非線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- R5-Q3を考慮した場合及びR5-Q4を考慮した場合に対してそれぞれ次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示した流動化処理土の物性値等を設定する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

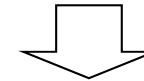
7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果（R5-Q3孔に基づく減衰定数）

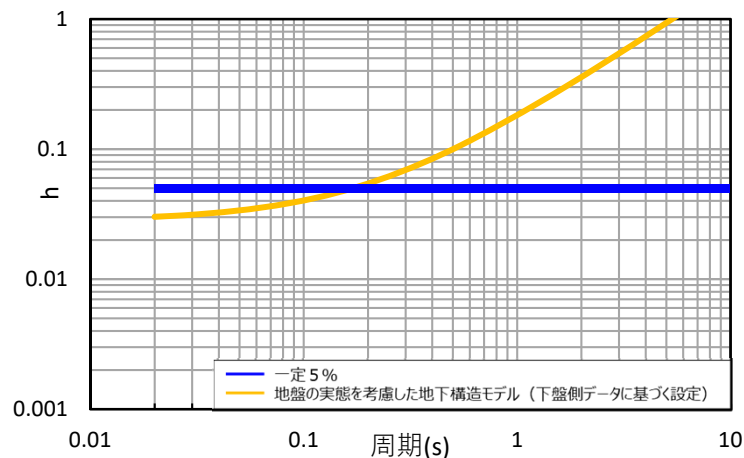
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、東側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期0.1秒～0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

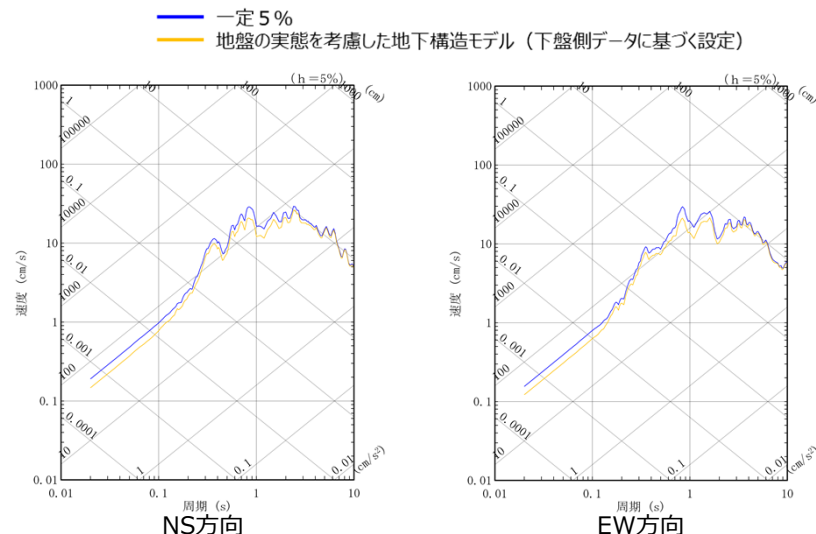
地震観測記録を用いた同定結果 (東側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側④エリア）



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震，東側④エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

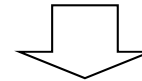
7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果（R5-Q4孔に基づく減衰定数）

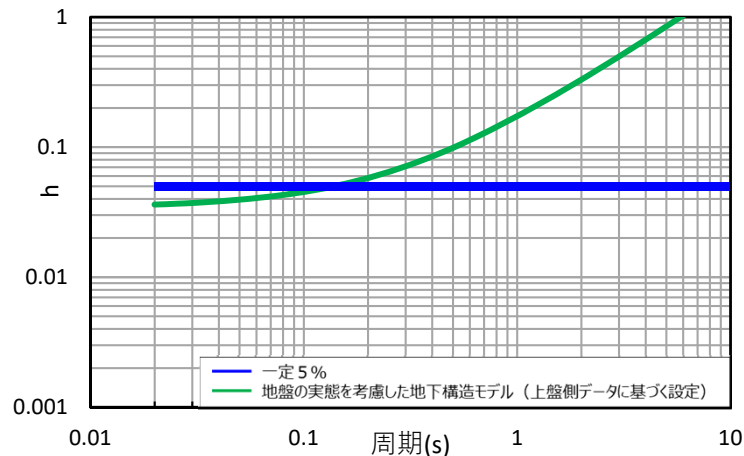
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、東側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期0.1秒～0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

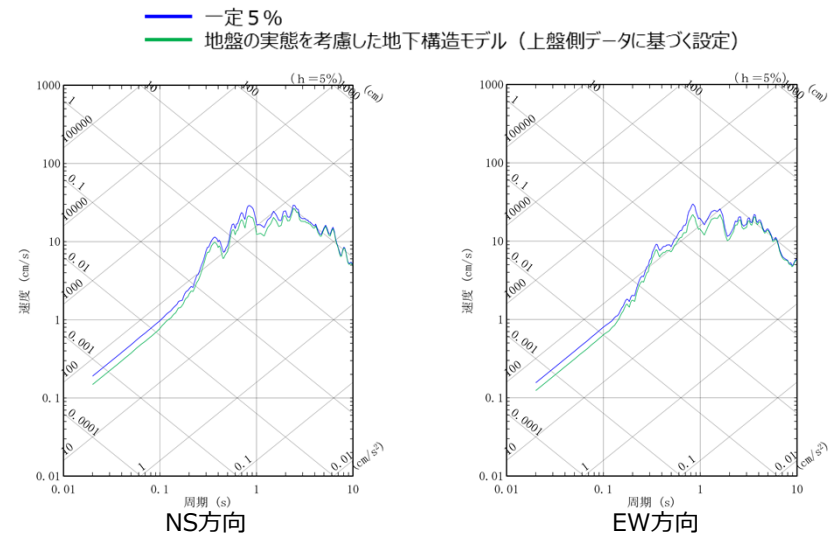
地震観測記録を用いた同定結果 (東側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側④エリア）



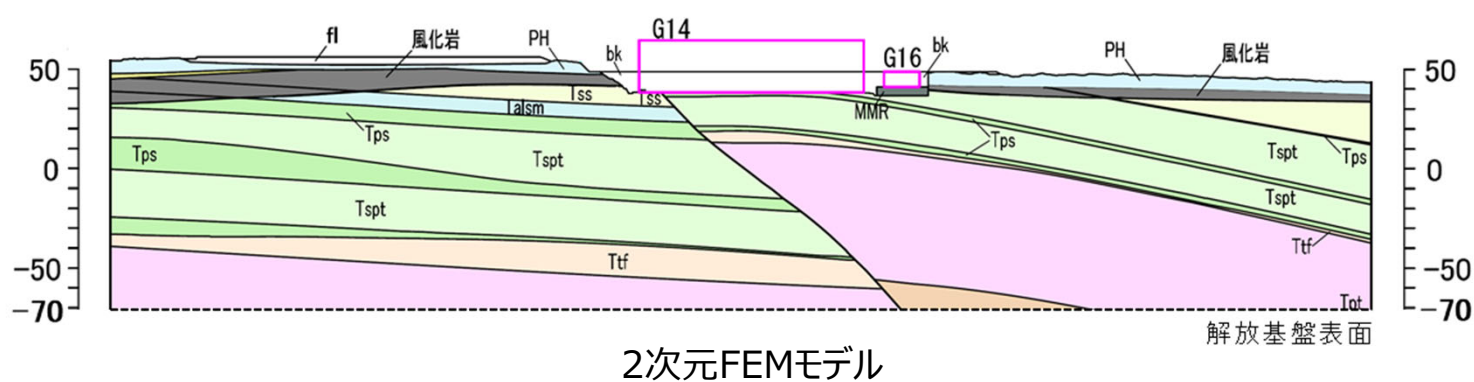
敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震, 東側④エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側④エリア）

➤ 東側④エリアにおける基本地盤モデル（2次元FEMモデル）の設定結果を示す。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側④エリア）

➤ 東側④エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（R5-Q4孔に基づくモデル）

層高	地層名	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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.48.50m	流動化処理土	$P_t=1.71$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=812$ $P_t=1.71$ に基づき設定*3	$G_0=812$ $P_t=1.71$ $v=0.40$ に基づき設定*4	$1/(1+9.63\gamma^{1.01})$	$v/(0.0798\gamma+0.0150)+1.48$
*1 ▽T.M.S.L.32.34m	砂質軽石凝灰岩	15.8	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.29.41m	軽石混り砂岩	16.0	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.13.17m	砂質軽石凝灰岩	15.2	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.10.61m	軽石混り砂岩	16.4	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.8.40m	凝灰岩	16.1	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.-36.53m	軽石凝灰岩	15.0	630	1810	—	5
▽T.M.S.L.-58.13m	軽石凝灰岩	15.4	940	2080	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	軽石質砂岩	18.0	940	2080	—	5
	—	18.0	940	2080	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-v)/(1-2v)}$

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.8 東側④エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側④エリア）

➤ 東側④エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（H-X(2)孔に基づくモデル）

▽T.M.S.L.48.50m		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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
	流動化処理土	$P_t=1.71$ $g=9.80665$ に基づき設定*2	$G_0=812$ $P_t=1.71$ に基づき設定*3	$G_0=812$ $P_t=1.71$ $\nu=0.40$ に基づき設定*4	$1/(1+9.63\gamma^{1.01})$	$\gamma/(0.0798\gamma+0.0150)+1.48$
*1 ▽T.M.S.L.36.15m	軽石混り砂岩	15.8	460	1700	$1/(1+3.52\gamma^{0.829})$	5
▽T.M.S.L.20.44m	砂質軽石凝灰岩	14.9	460	1700	$1/(1+2.46\gamma^{0.885})$	5
▽T.M.S.L.18.99m	軽石混り砂岩	16.2	460	1700	$1/(1+3.52\gamma^{0.829})$	5
▽T.M.S.L.14.37m	凝灰岩	16.2	560	1800	$1/(1+3.78\gamma^{0.904})$	5
▽T.M.S.L.-10.30m	軽石凝灰岩	14.7	560	1800	$1/(1+2.02\gamma^{0.768})$	5
▽T.M.S.L.-32.30m	軽石凝灰岩	15.2	680	1800	$1/(1+2.02\gamma^{0.768})$	5
▽T.M.S.L.-56.33m	軽石凝灰岩	15.2	530	1900	$1/(1+2.02\gamma^{0.768})$	5
▽T.M.S.L.-63.74m	凝灰岩	16.2	910	1900	$1/(1+3.78\gamma^{0.904})$	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	軽石凝灰岩	15.3	910	1900	$1/(1+2.02\gamma^{0.768})$	5
	—	15.3	910	1900	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

7.設計に用いる地盤モデルの設定

7.9 東側⑤エリア

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.9 東側⑤エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

A. 岩盤部分の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、R5-Q3孔に基づく物性値等を設定する。

B. 岩盤部分の剛性の非線形性

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、線形条件とする。

C. 岩盤部分の減衰定数

- 次頁に示すとおり設定する。

D. 表層地盤の物性値等

- 基本地盤モデルとして、「6.敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定」に示したとおり、G36については埋込みの無い構築物であることから、表層地盤は考慮しない。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

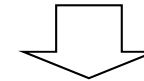
7.9 東側⑤エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 設計に用いる地盤モデルの設定結果

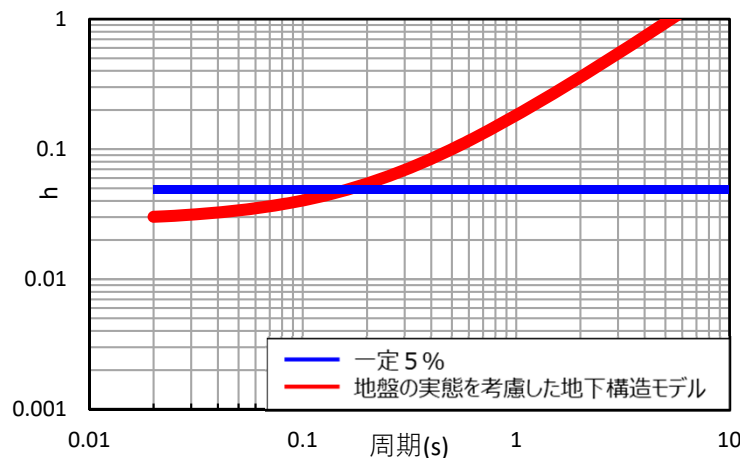
C. 岩盤部分の減衰定数

- 敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数と等価な設定としては、全周期一定の仮定条件による地震観測記録を用いた同定結果として、東側地盤観測点における5.5%の値を参照。
- 基本地盤モデルは、上記の値に対し、小数点第一位以下切り捨てた5%を、設定する。
- 設定した減衰定数（5%）は、周期0.1秒～0.2秒よりも短周期側で、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数を上回るが、全周期一定の減衰定数（5%）を設定した方が、地盤の特徴を捉えた減衰定数を設定した場合と比較して、応答スペクトルの全周期帯で大きい地盤応答を与えることから、入力地震動を算定する上で用いることに問題が無いことを確認した。
- 耐震設計においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、工学的判断として1%小さい減衰定数（4%）とするケースを考慮する。

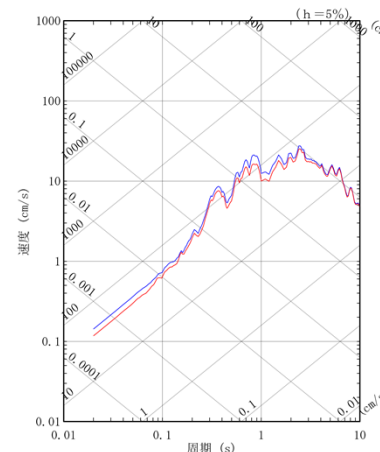
地震観測記録を用いた同定結果 (東側地盤, 全周期一定仮定)	5.5 %
-----------------------------------	-------



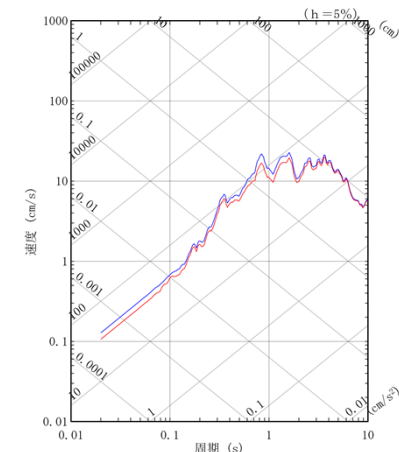
基本地盤モデルの設定値	5%
-------------	----



敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と仮定した値（5%一定）の比較（東側⑤エリア）



NS方向



EW方向

敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造と周波数一定の設定（5%）の地盤応答比較（201103111446地震, 東側⑤エリア）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

7.9 東側⑤エリアの設計に用いる地盤モデルの設定

■ 基本地盤モデルの設定結果（東側⑤エリア）

▶ 東側⑤エリアにおける基本地盤モデルの設定結果を示す。

設計で用いる地盤モデル（R5-Q3孔に基づくモデル）

層番号	層名	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 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 h (%)
▽T.M.S.L.48.50m *1	(埋込みなし)					
	礫混り砂岩	19.4	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.21.68m	砂岩・泥岩互層	19.4	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.9.14m	軽石混り砂岩	15.1	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.1.79m	砂質軽石凝灰岩	16.7	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.-30.18m	軽石混り砂岩	17.1	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.-31.64m	砂質軽石凝灰岩	16.0	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.-51.21m	軽石混り砂岩	17.5	820	2090	—	5
▽T.M.S.L.-52.34m	凝灰岩	16.5	840	1940	—	5
▽T.M.S.L.-70.00m (解放基盤表面)	—	16.5	840	1940	—	5

*1：各施設ごとに岩盤上面レベルを設定

*2： $\gamma_t = \rho_t \times g$

*3： $V_s = \sqrt{G_0/\rho_t}$

*4： $V_p = \sqrt{G_0/\rho_t \times 2(1-\nu)/(1-2\nu)}$

8. 今後の対応

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

8. 今後の対応

■ 入力地震動の算定

- ・入力地震動の算定においては、基本地盤モデルを用いた基本ケースに加え、データの持つばらつきや工学的な扱いを踏まえたケースについても考慮する。
- ・施設の耐震設計においては、基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d 、1.2倍の基準地震動による評価を実施している以下の全ての施設について、設計に用いる地盤モデルを用い算定した入力地震動を用いる。

【対象となる建物・構築物施設】

- ・ 建物及び屋外機械基礎：37施設
- ・ 排気筒：2施設

【対象となるケース数及び地震波】

- ・ 基準地震動 S_s ：13ケース
- ・ 弾性設計用地震動 S_d ：13ケース
- ・ 1.2倍の基準地震動：13ケース
- ・ 対象地盤：基本地盤モデルを用いた基本ケース
データの持つばらつきを考慮したケース（表層地盤及び岩盤部分の物性値）
工学的判断として1%小さい減衰定数とするケース

■ 次回の説明内容

- ・今回設定された設計に用いる地盤モデルに基づき、中央①エリアについての入力地震動の算定結果について示す。