

【公開版】

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

2024年1月23日



日本原燃株式会社

1/24説明内容

- 今回提出版においては、AA周辺グループにおけるデータ整理結果のみを記載。
- 次回提出版にて、それを1 2グループに展開する。
- 各グループ間における類似性に関する分析状況（途中段階）を説明。

目次

1. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの検討に係る対応全体計画・・・	4
2. データの取得及び信頼性の確認・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
3. データの敷地への適用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	13
4. データの整理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析・・・・・・・・	34
6. 今後の対応・・・・・・・・・・・・・・・・	41

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの検討に係る対応全体計画

■ 前回までの説明

① 敷地において得られているデータの整理結果及び信頼性

岩石コア試験結果及び岩盤部分の単位体積重量以外のデータ及び信頼性の確認結果について説明

- 敷地内における既往データに加えて追加調査によるデータも含めた「A.岩盤部分の物性値等」、「B.岩盤部分の剛性の非線形性」、「C.岩盤部分の減衰定数」及び「D.表層地盤の物性値等」に係るデータの提示。
- 各調査において、データの取得や処理が適切な方法で正しく行われていることを確認し、敷地において得られているデータの信頼性が担保されていることを確認結果。

② ①において信頼性を確認したデータに基づく整理

以下の事項について、AA周辺グループにおける一連の内容について説明

- 敷地内の各位置（近接する建屋グループごと）において用いるデータの整理結果。
- 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の分析結果。
- データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造。

■ 今回の説明

前回会合の指摘事項の対応も含め下記①及び②の項目について説明。

① 敷地において得られているデータの整理結果及び信頼性

前回からの追加として、岩石コア試験結果、岩盤部分の単位体積重量及び、表層地盤物性のうち埋め戻し土に対して実施した追加調査結果について、データ及び信頼性の確認結果について説明

② ①において信頼性を確認したデータ（前回提示含む）に基づく整理

- 各グループにおけるデータの整理結果

③ 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

- 各グループ間の特徴に係る関係性の分析結果
- 上記の分析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結果（岩盤部分の物性値等については、地盤応答に着目した分析を次回追加）

⇒上記の検討は電力会社、メーカー、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。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

1. 入力地震動の算定に用いる地盤モデルの検討に係る対応全体計画

：本資料における説明範囲

因子	各因子における実施項目	これまでの審査会合	前回の審査会合		今回の審査会合	
			①データの整理及び信頼性確認	②データの分析	①データの整理及び信頼性確認	②データの分析
A.岩盤部分の物性値等	・近接する建屋グループごとに、直下又は近傍のPS検層データを整理	・敷地内12Grごとに直下又は近傍のPS検層データに基づく物性値の設定内容を説明（6/20）	・データの整理結果及び信頼性の確認結果（単位体積重量を除く）	分析方針及び結果 ➢AA周辺グループ	・データの整理結果及び信頼性の確認結果（単位体積重量）	分析方針及び結果 ➢全グループ
B.岩盤部分の剛性の非線形性	・Ss地震時の地盤のひずみの大きさを踏まえた影響確認	・非線形性が入力地震動に及ぼす影響が無く、線形条件を設定可能であることの確認内容を説明（6/20）	・データの整理結果及び信頼性の確認結果	分析方針及び結果ただし、上記岩盤部分の物性値を反映前の条件における分析結果 ➢AA周辺グループ	-	上記岩盤部分の物性値を反映した条件における分析結果 ➢全グループ
C.岩盤部分の減衰定数	既往データによる検討	材料減衰 ・繰返し三軸圧縮試験	・データの整理結果及び信頼性の確認結果（岩石コア試験結果を除く）	敷地全体における分析方針及び結果	・データの整理結果及び信頼性の確認結果（岩石コア試験結果）	岩石コア試験結果を踏まえた分析結果
		材料減衰＋散乱減衰 ・S波検層（既往3地点のみ）				
	・地震観測記録を用いた検討 ➢伝達関数による検討 ➢応答スペクトルによる検討	・中央地盤における観測記録との整合性を考慮した条件(周波数依存性考慮・非考慮)による検討内容を説明（9/4） ・東側地盤・西側地盤・中央地盤の観測記録及び地震観測位置における地質構造の特徴の確認（10/13） ・東側地盤・西側地盤における観測記録との整合性を考慮した条件(周波数依存性考慮・非考慮)による検討内容を説明（10/13,11/20）				
	・地震観測記録を用いた検討 ➢地震波干渉法による検討	・中央地盤における検討内容を説明（9/4） ・東側地盤における検討内容を説明（10/13） ・西側地盤における検討内容を説明（11/20）				
追加データによる検討	材料減衰 ・岩石コアを用いた減衰測定（データを有していないことから新規取得）	・追加調査の目的及び計画を説明（9/4） ・実施状況を説明（10/13,11/20）				
	材料減衰＋散乱減衰 ・S波検層（各Grごとに追加取得）					
D.表層地盤の物性値等	既往データによる検討	・埋戻し土及び流動化処理土に対して、既往のデータ（施工管理・物性データ）の整理	・データの整理結果及び信頼性の確認結果	分析方針及び結果 ➢AA周辺グループ	・データの整理結果及び信頼性の確認結果（更なるデータ追加に関する検討反映）	分析方針及び結果 ➢全グループ
	追加データによる検討	・表層地盤の物性値に係る調査（施工年代別の範囲における採取されていない箇所や一部偏りがある深部について追加取得）	・追加調査の目的及び計画を説明（9/4） ・実施状況を説明（10/13,11/20）			

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料に加筆

2. データの取得及び信頼性の確認

：今回会合での追加説明範囲

■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 (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 (d.-①)	
	追加	PS検層 (a.-②)	-	-	岩石コア試験 (c.-②)	-	-	S波検層 (各グループ) (c.-⑥)	PS検層 (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）

前回会合資料に単位体積重量データを加筆

：今回会合での追加説明範囲

2. データの取得及び信頼性の確認

■ 岩盤部分のPS検層（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。
- 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。
- 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。

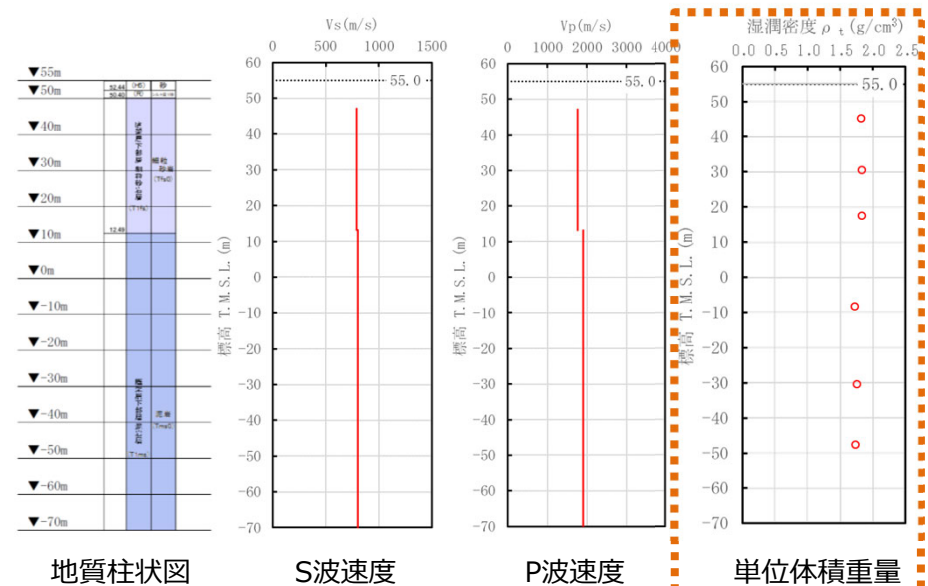
● 取得したデータ

【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）、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】：後述の「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）、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（敷地内の位置は次頁に示す）

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）

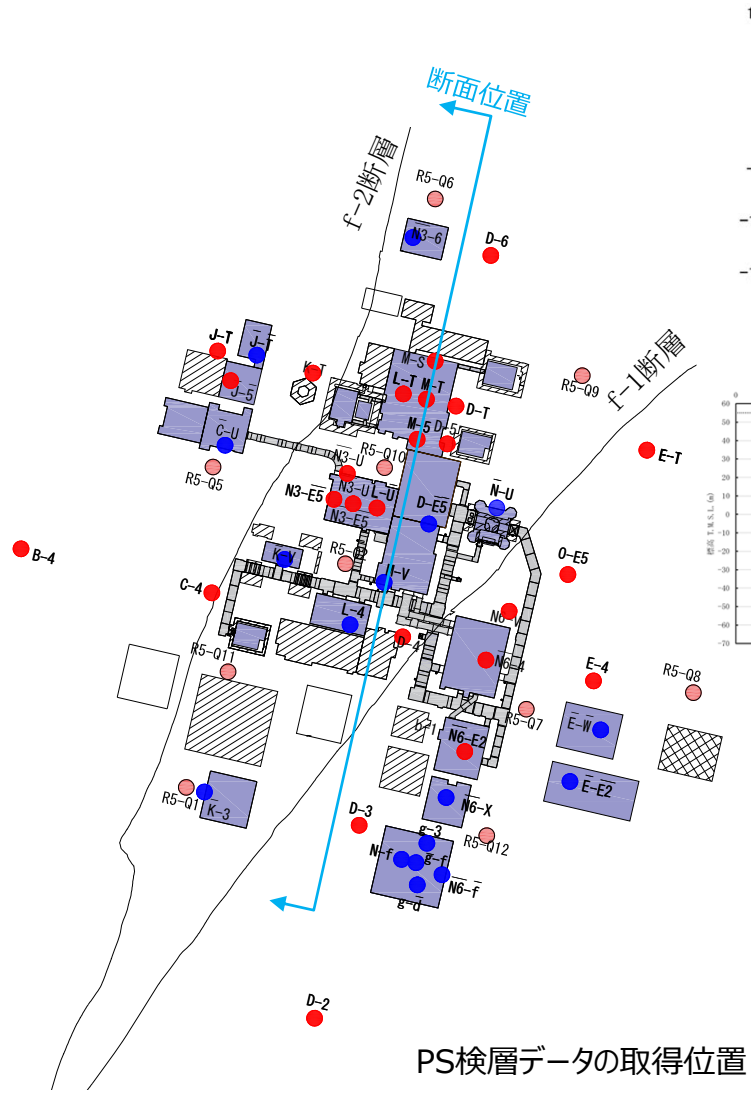
基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

2. データの取得及び信頼性の確認

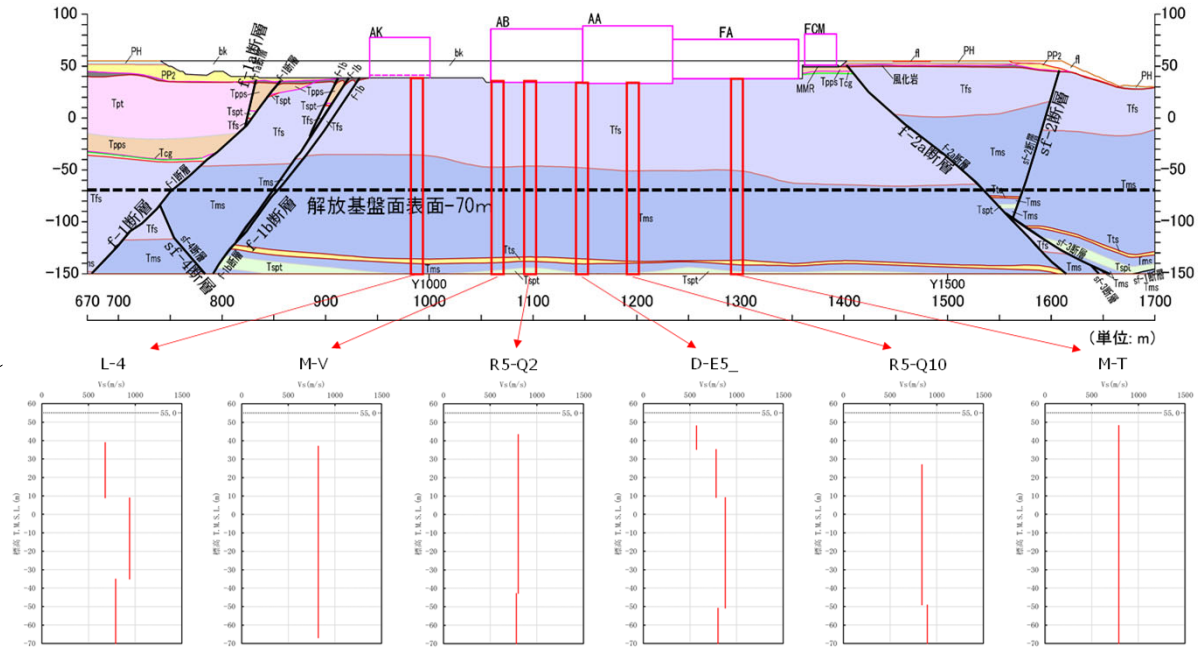
■ 岩盤部分のPS検層 (a.-①, a.-②)

● 取得したデータ

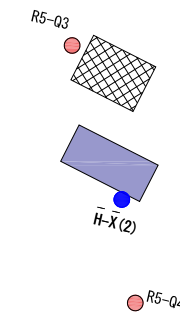
前頁に示したPS検層データの取得位置を下図に示す。



PS検層データの取得位置



PS検層データの取得結果 (中央地盤南北断面の例)



- 凡例
- : 建物及び屋外機械基礎
 - : 屋外重要土木構造物
 - : 波及的影響を考慮する施設
 - : 外部保管エリア (G35、G36)
 - a.-① ● : 申請地盤モデルの設定に用いたPS検層位置 (岩盤)
 - a.-② ● : 既認可以降に追加されたPS検層位置 (岩盤)
 - a.-③ ● : 追加調査孔 (岩盤)

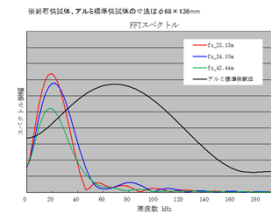
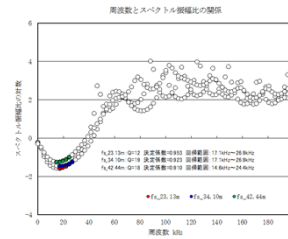
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

2. データの取得及び信頼性の確認

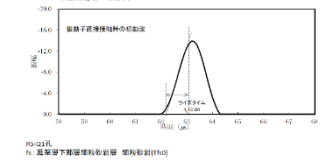
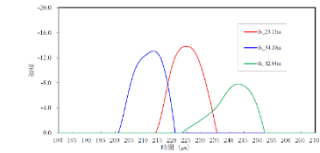
■ 岩石コア試験（c.-②）

● データの信頼性の確保

- 2つの解析手法のうちスペクトル比法については、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2次及び3次周期が含まれる可能性がある。そのため、今回の岩石コア試験においては透過波のピーク周波数近傍の1次周期に限定して値を算出した。
- 一方、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解析しているため、上記と同様の透過波形データのノイズは考えられるが、初動波形のみを用いていることからスペクトル比法より信頼性があるものとする。
- 岩石コア試験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。



スペクトル比法
(R5-Q1孔、細粒砂岩)



パルスライズタイム法
(R5-Q1孔、細粒砂岩)

● 取得したデータ

【c.-②】：岩石コア試験により、2つの解析手法にて岩盤分類（層序）毎に減衰定数を算出した。

地盤範囲	地質区分		岩盤分類(層序)	繰返し三軸試験結果 の最小減衰定数(%)	コアQ値測定結果の減衰定数(%)	
					スペクトル比法	ライズタイム法
西側地盤	鷹架層上部層	泥岩層	泥岩	1.42	3.5	1.7
			砂岩・凝灰岩互層	2.04	4.1	1.1
東側地盤	鷹架層中部層	軽石混り砂岩	礫混り砂岩	1.08	3.4	3.9
			砂岩・泥岩互層	0.93	3.5	4.0
			軽石混り砂岩	1.48	4.2	3.3
		軽石凝灰岩層	砂質軽石凝灰岩	1.48	4.2	3.3
			凝灰岩	1.47	3.8	1.8
			軽石凝灰岩	1.34	3.4	3.4
鷹架層下部層	細粒砂岩層	軽石質砂岩	0.83	3.4	3.2	
		細粒砂岩	1.29	2.9	3.7	
		泥岩層	1.25	2.5	2.7	

岩石コアによる岩盤分類（層序）毎のQ値測定結果一覧表

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料に加筆

2. データの取得及び信頼性の確認

今回会合での追加説明範囲

■ 表層地盤のPS検層データ（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。
- 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、PS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。

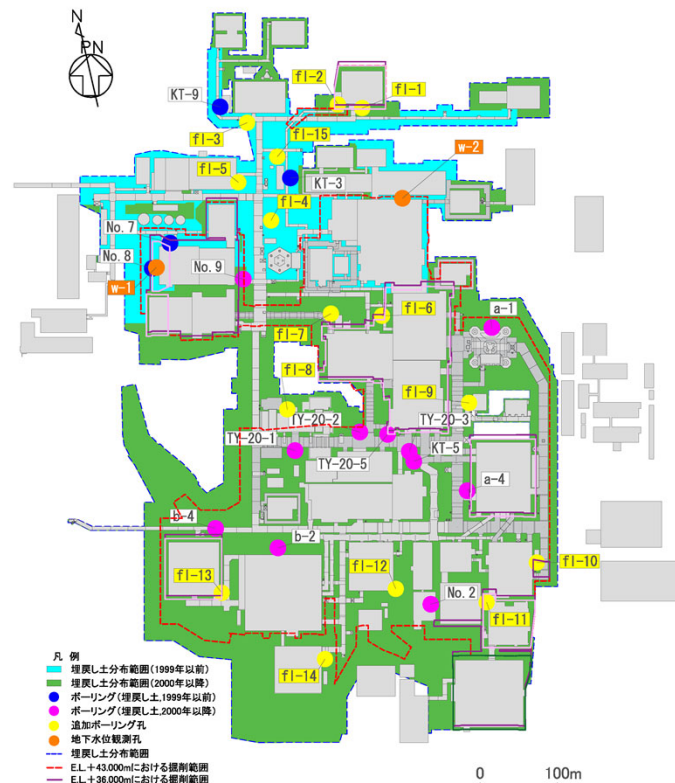
● 取得したデータ

【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）、密度及び当該孔における地質柱状図を整理した。

【d.-②】：後述の「d.表層地盤の物性値等」にて実施する追加調査孔（計17孔）においてPS検層データ（● + ●）を追加取得し、速度構造S波速度，P波速度）、密度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 (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
	●	w-1, w-2



PS検層データ取得位置図

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	710	360	1.893	
12			1.914	
13			-	
14			1.967	
15			-	
16			-	
17			1.861	
18			-	
19			1.929	
20			-	
21	1.914			
22	-			
23	23.22	-	-	1.992

PS検層から得られたデータ
(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）

前回合資資料に追記

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）

● 施工年代別に整理した動せん断弾性係数 G_0

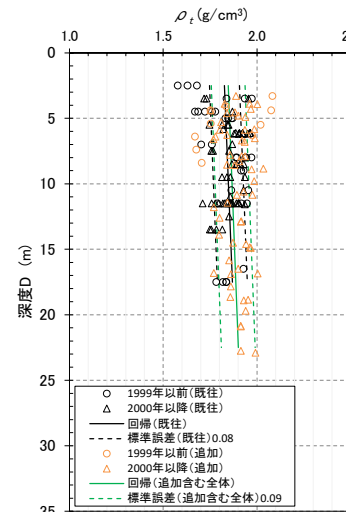
▶ ρ_t については、図aに示すとおり、既往のボーリング孔による平均回帰よりも全ボーリングでの平均回帰の方が若干高い値を示すが、標準誤差 $\pm\sigma$ の範囲は、両年代とも同程度のばらつきを示している。

▶ 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。

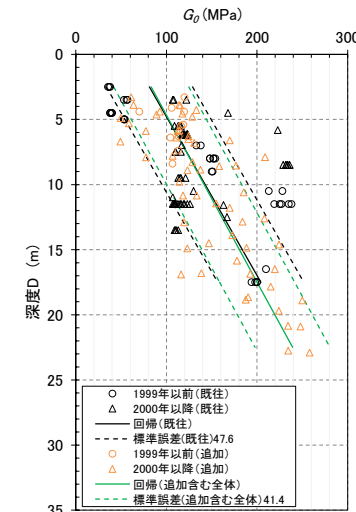
▶ 施工年代毎の V_s 分布について、図cに示すとおり、寒色系で示す1999年以降の V_s 分布と暖色系で示す2000年以降の V_s 分布は、施工年代にかかわらず0.1km/s程度から0.35km/sの速度範囲で分布し、離散化 V_s の平均値（○印）は深度依存の傾向を示している。

▶ 図dに示すとおり、1999年以前、2000年以降の V_s 分布から離散化した 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($\pm\sigma$)の $\pm 1\sigma$ 程度のばらつきになっている。

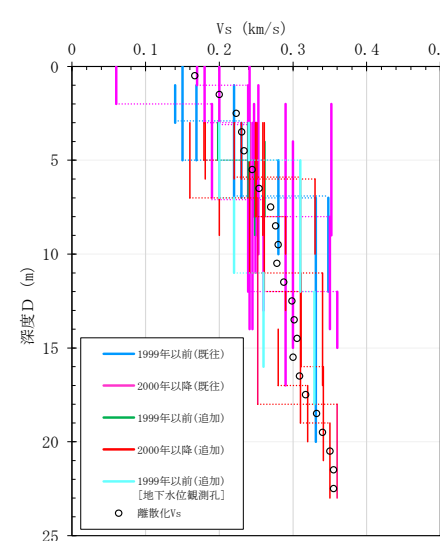
▶ 以上より、 G_0 分布の回帰は施工年代でデータを分けると若干異なる結果を示すが、その差は僅かであり、土質材料として同一の母集団と判断できることから、統一した物性値として深度依存回帰の平均（図b）を用いる。



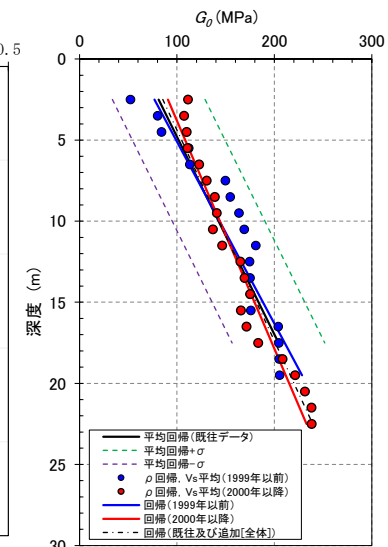
図a 湿潤密度 ρ_t 分布図



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

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）

流動化処理土に係るデータの整理結果を示す。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料に加筆

3. データの敷地への適用

 : 今回会合での追加説明範囲

■ 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用いることとした。これにより、一部の追加データについては、複数グループで共有している。
- なお、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"> • 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）

前回会合資料に加筆

3. データの敷地への適用

 : 今回会合での追加説明範囲

■ 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、 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)
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） 	<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-Q9 R5-Q10 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土のPS検層結果
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
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） 	<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-Q2 	<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）

前回会合資料に加筆

3. データの敷地への適用

 : 今回会合での追加説明範囲

■ 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、 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)
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） • 粗粒砂岩 	• 同左	• 同左	<ul style="list-style-type: none"> • 【地震観測記録を用いた同定】 • 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	• 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 	• 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 	• 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	• 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）

前回会合資料に加筆

3. データの敷地への適用

 : 今回会合での追加説明範囲

■ 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	<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 • 軽石混り砂岩 • 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 	<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 	• R5-Q12	• 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）

前回会合資料に加筆

3. データの敷地への適用

 : 今回会合での追加説明範囲

■ 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、 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)
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	<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 	• 流動化処理土のPS検層結果

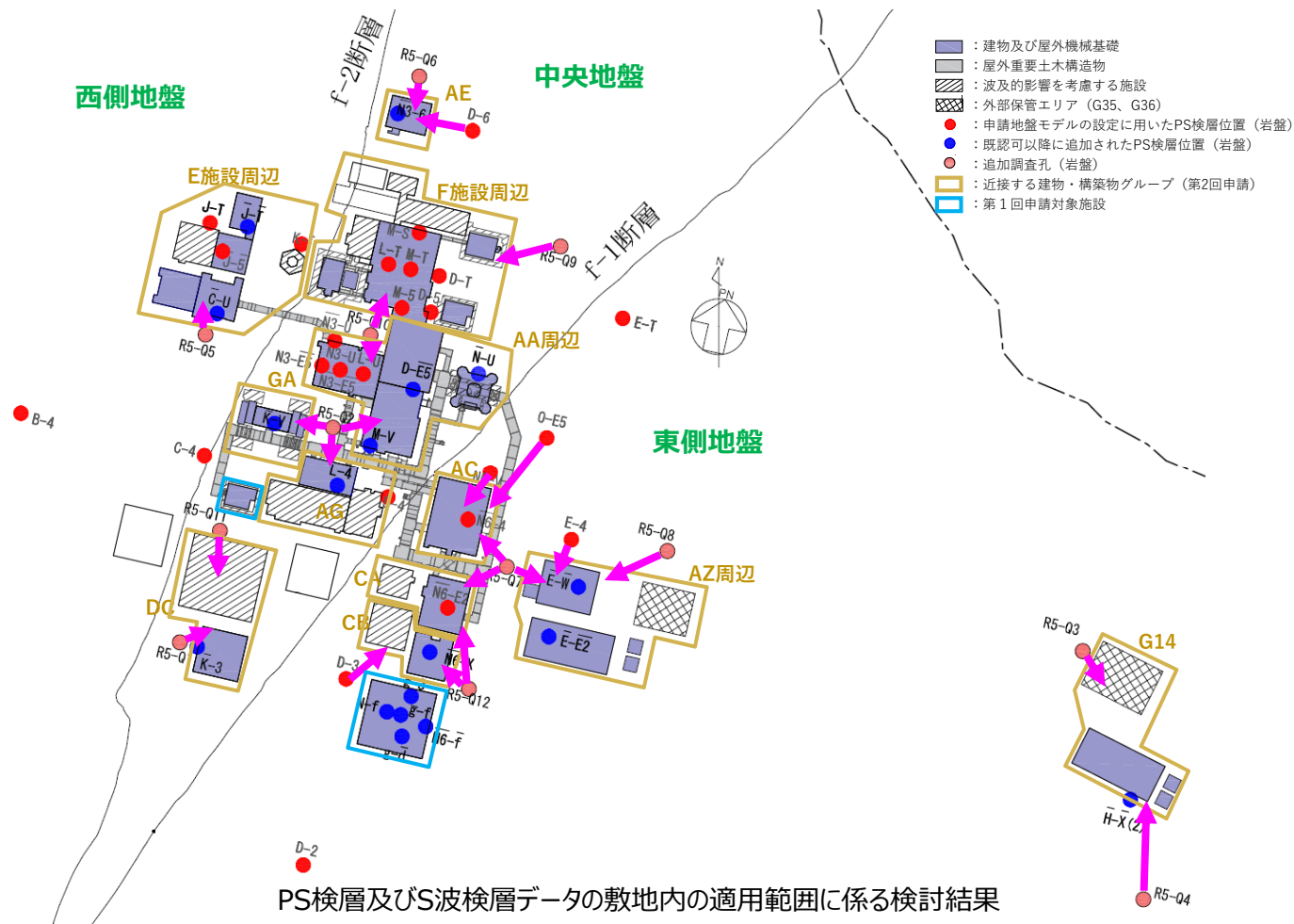
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

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。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料に加筆

3.1 AA周辺グループに適用するデータ

：今回会合での追加説明範囲

■ 敷地内各地点において用いるデータの詳細

● A. 岩盤部分の物性値等

➢ 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）

- 右図に示す9孔におけるPS検層データを用いることとした。

● B. 岩盤部分の剛性の非線形性

➢ 三軸圧縮試験（b.-①）

- グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種におけるひずみ依存特性データ（剛性低下率 $G/G_0-\gamma$ ）を用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

● C. 岩盤部分の減衰定数

➢ C-1：三軸圧縮試験（c.-①）

- グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種におけるひずみ依存特性データ（減衰定数 $h-\gamma$ ）を用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

➢ C-2：岩石コア試験（c.-②）

- グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種における試験データを用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

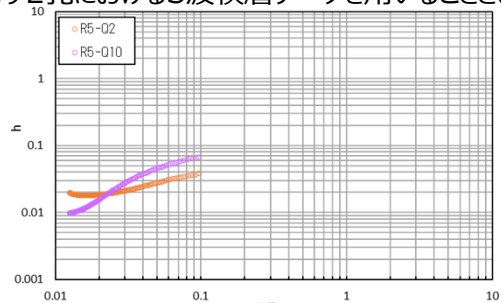
➢ C-3, C-4：地震観測記録（c.-③）

- 本グループはf-1断層及びf-2断層に挟まれた中央地盤に位置することから、中央地盤観測点における地震観測記録を用いることとした*

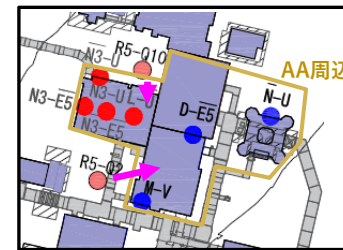
*：A., C-3, C-4, C-5の検討に用いるデータの信頼性の確認に用いる常時微動観測記録（c.-④）についても同じ。

➢ C-5：S波検層（c.-⑥）

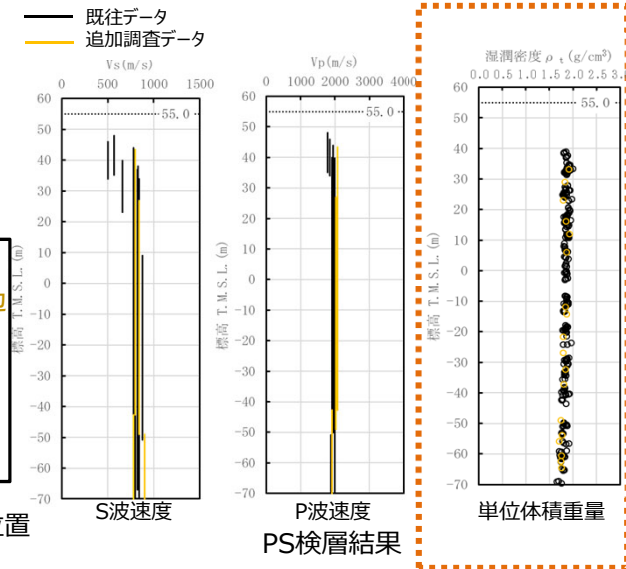
- 下図に示す2孔におけるS波検層データを用いることとした。



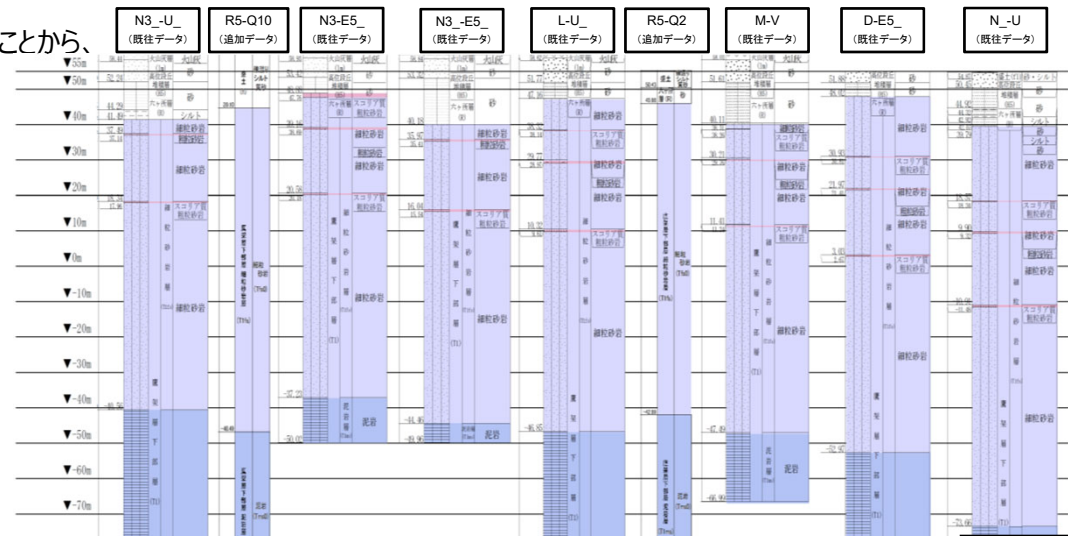
S波検層結果



グループにおいて用いる調査孔位置



PS検層結果



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）

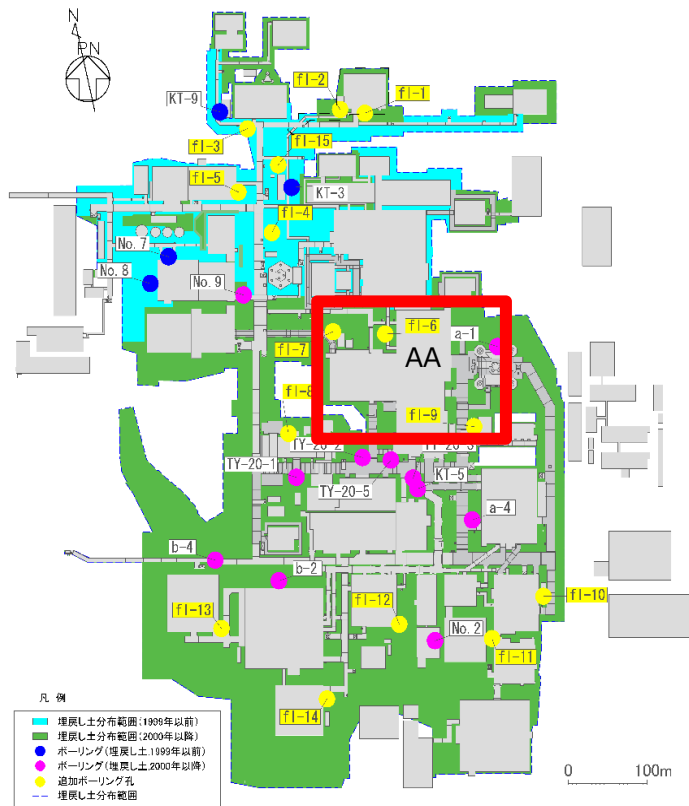
3.1 AA周辺グループに適用するデータ

■敷地内各地点において用いるデータの詳細（AA周辺グループ（埋戻し土））

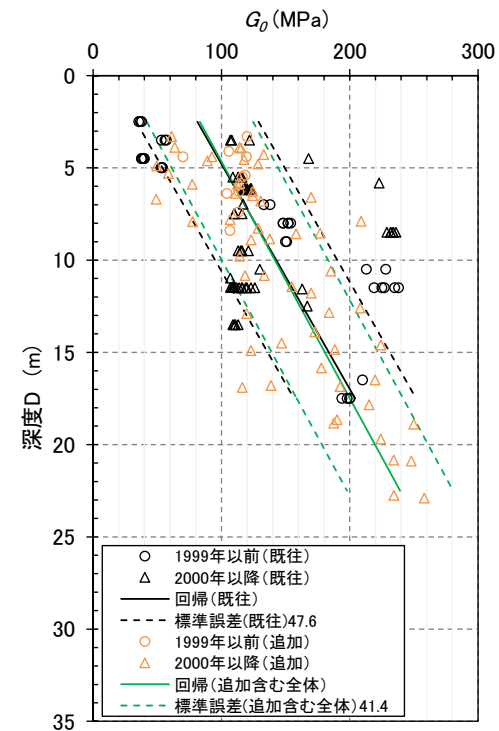
●D.表層地盤の物性値等

➢表層地盤のPS検層（d.-①、d.-②）

- AA周辺は2000年以降に施工された埋戻し土が分布している。
- 2000年以降に施工された埋戻し土における動せん断弾性係数 G_0 分布（ \triangle ）は、平均値近傍及び緑破線で示す全データの標準誤差 $\pm 1\sigma$ の範囲で深度依存性を示している。
- 埋戻し土全体は、同等の砂質土材料の範囲にあり、トラフィカビリティ確保の一定基準の管理施工がなされていること及び2000年以降に施工された埋戻し土の G_0 分布は標準誤差に概ね包含されることから、全データを母集団として扱う。



AA周辺の埋戻し土分布位置図



施工年代別の埋戻し土の動せん断弾性係数 G_0

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

3.○ ○○グループに適用するデータ

■敷地内各地点において用いるデータの詳細

●A.岩盤部分の物性値等

➢ 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）

- ・右図に示す9孔におけるPS検層データを用いることとした。

●B.岩盤部分の剛性の非線形性

➢ 三軸圧縮試験（b.-①）

- ・グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種におけるひずみ依存特性データ（剛性低下率 $G/G_0-\gamma$ ）を用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

●C.岩盤部分の減衰定数

➢ C-1：三軸圧縮試験（c.-①）

- ・グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種におけるひずみ依存特性データ（減衰定数 $h-\gamma$ ）を用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

➢ C-2：岩石コア試験（c.-②）

- ・グループ内に分布する岩種を踏まえ、以下の岩種における試験データを用いることとした。

細粒砂岩、泥岩（下部層）

➢ C-3,C-4：地震観測記録（c.-③）

- ・本グループはf-1断層及びf-2断層に挟まれた中央地盤に位置することから、中央地盤観測点における地震観測記録を用いることとした*

*：A.,C-3,C-4,C-5の検討に用いるデータの信頼性の確認に用いる常時微動観測記録（c.-④）についても同じ。

➢ C-5：S波検層（c.-⑥）

- ・下図に示す2孔におけるS波検層データを用いることとした。

これ以降に他グループの整理結果をAA周辺と同じく示す。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料に追記

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

- ▶ 「3. データの取得及び信頼性の確認」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状況を示す。

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"> 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地盤応答への影響を確認する必要がある。 (C.岩盤部分の減衰定数に係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）を確認する必要がある。 その上で、Ss地震時の非線形性が入力地震動に与える影響を、線形条件とした場合の入力地震動との比較により確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 調査において考慮している地震動の振幅レベルと、耐震設計において考慮する地震動の振幅レベルの違いによる減衰定数への影響を確認する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 岩石コアにより得られた材料減衰の成分を踏まえた敷地の減衰定数の構成を把握する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 減衰定数の成分（材料減衰及び散乱減衰）は周波数特性の違いとして現れることから、各データの周波数特性から敷地における成分の構成を把握する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 同左 	<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であることを踏まえ、敷地の地盤が類似地点と異なる傾向を示すか確認する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工管理プロセスの違いごとに追加データを反映した剛性を算定し、追加データを反映した剛性の特徴（施工管理プロセスごとの深度依存性の傾向の差など）を確認する必要がある。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

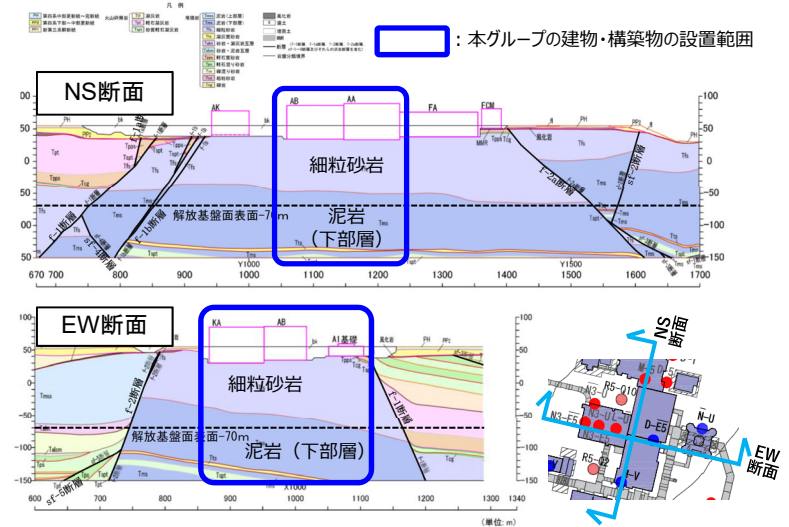
前回会合資料再掲

4.1 AA周辺グループのデータ整理

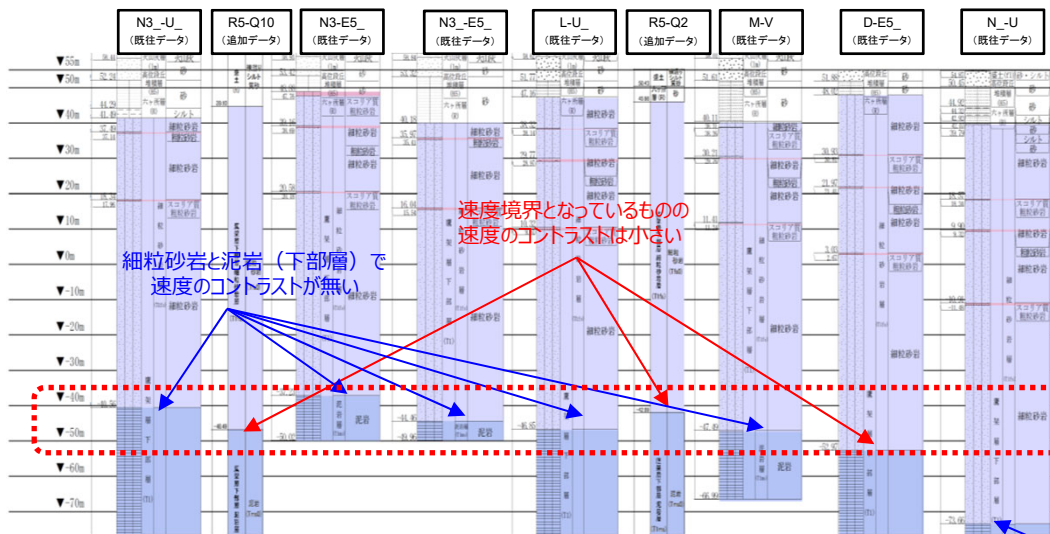
■ A. 岩盤部分の物性値等

● 岩盤部分のPS検層（a.-①、a.-②）

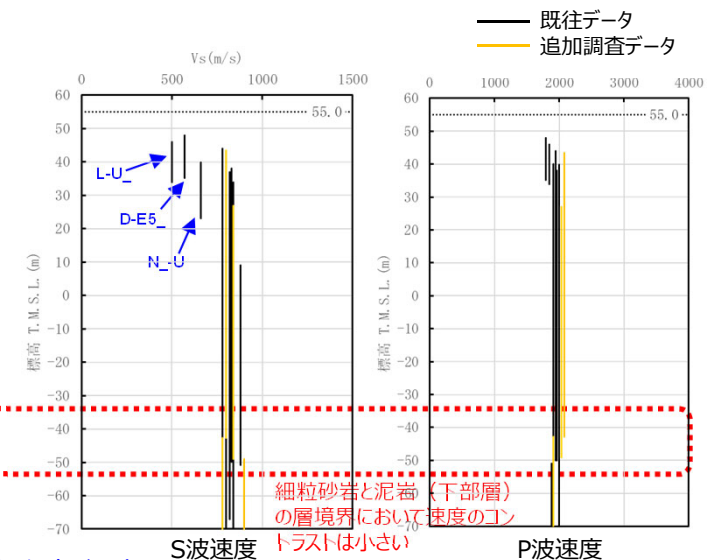
- 岩盤分類図を用いてAA周辺グループの地下構造について確認し、建物・構築物直下においては、鷹架層下部層の細粒砂岩及び泥岩が主に分布していることを確認した。
- AA周辺グループの建物・構築物直下においては、岩種の分布に差を与えるような断層は見られない。
- また、PS検層（●+●+●）のうち、AA周辺グループにおけるPS検層孔の地質柱状図及び速度構造の比較を行い、建物・構築物直下の地下構造の特徴について整理した。
- N₋U孔を除く8孔については、岩種境界レベルが同等となっており、その境界における速度のコントラストは小さいまたは無いことを確認。N₋U孔は岩種境界レベルは他地点と異なるものの、細粒砂岩と泥岩の境界では速度のコントラストは無い。
- 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、地質構造及び速度構造の観点より、AA周辺グループにおいては、いずれの地点においても同様の地下構造が分布していると考えられる。



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の、速度のコントラストは無い



S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)

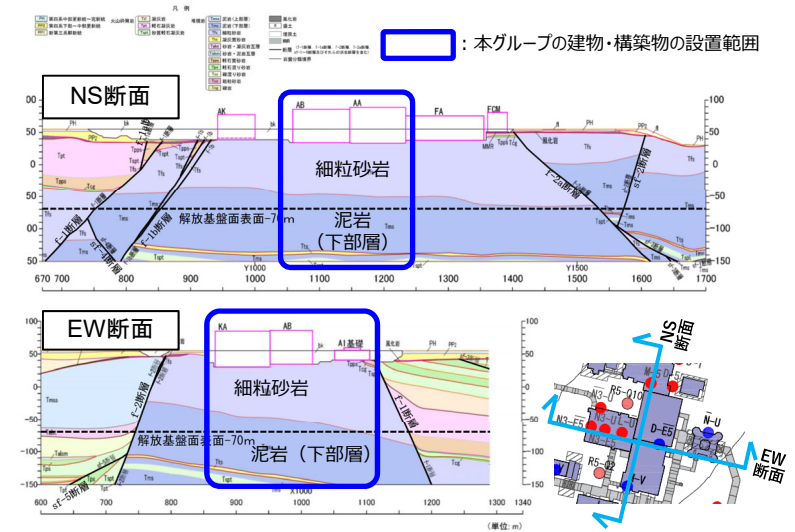
前回会合資料再掲

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

● 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

- 岩盤分類図を用いてAA周辺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、地質構造が不連続となるような断層は無いことを確認した。
- AA周辺グループにおいては、いずれの地点においても同様の地下構造が分布していると考えられること（前頁）及び上記のとおり断層による影響は無いことから、「2. データの取得及び信頼性の確認」にて整理した、AA周辺グループに適用するPS検層データについて、JEAG4601-1987の考え方に則り、平均化した物性値を考慮する。具体的な平均化の手順を以下に示す。

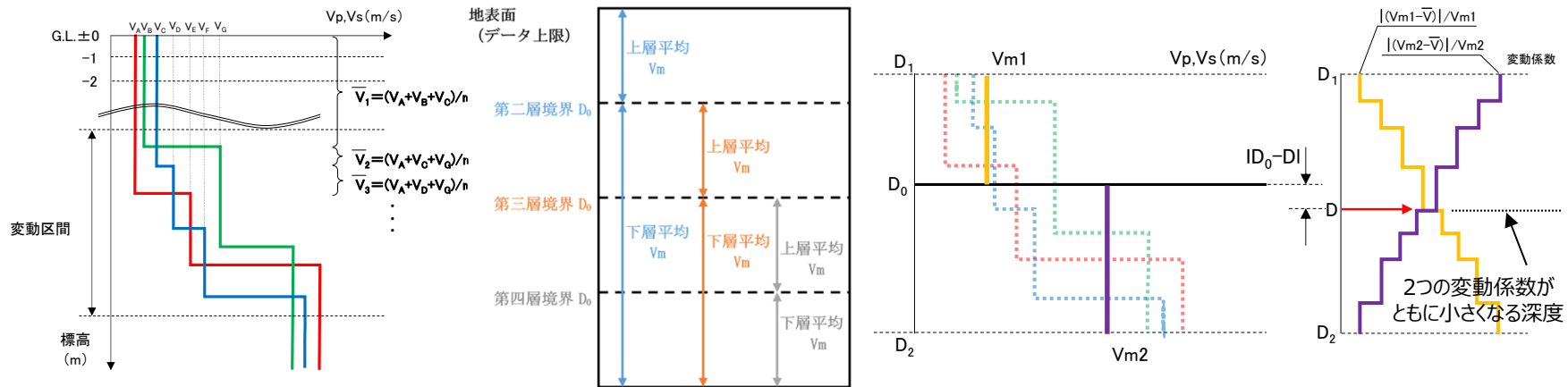


岩盤分類図

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。



速度構造の平均化の手順

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回会合資料から
物性値見直し反映

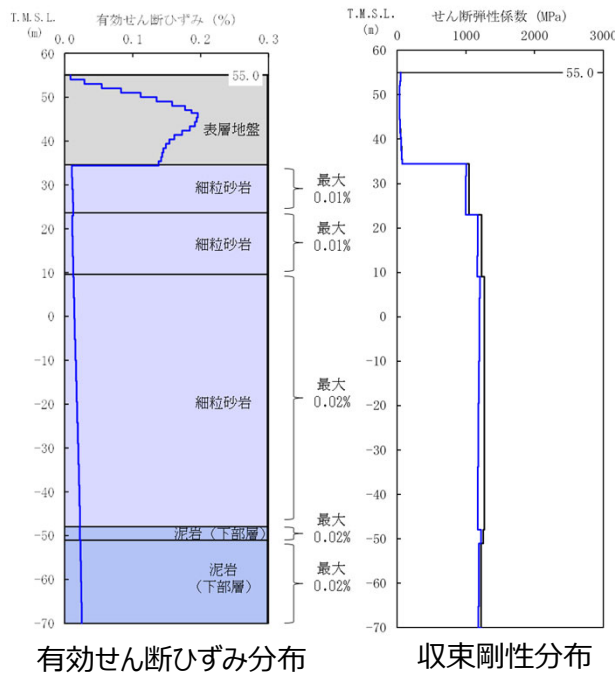
4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ B.岩盤部分の剛性の非線形性

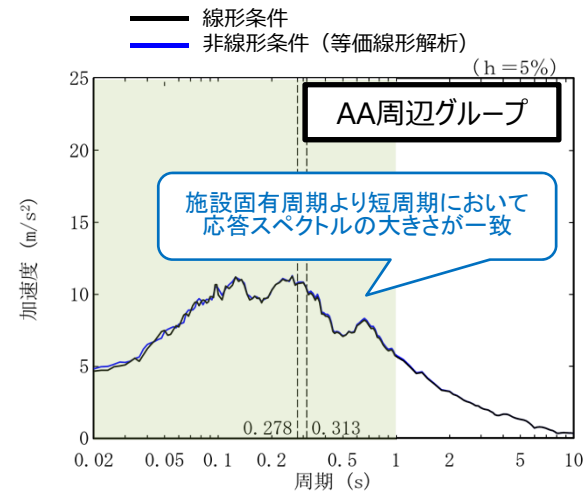
● Ss地震時の岩盤部分の非線形レベル及び非線形性が入力地震動に与える影響確認

- 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入力地震動の応答スペクトルへの影響を確認する。
- 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、本グループにおいて最も固有振動数帯が大きい主排気筒（周期約 1 秒）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。

⇒施設の耐震設計において重要となる建物・構築物及び内包する設備への影響を考慮し、応答スペクトルが全周期帯において一致し、線形条件と非線形条件の違いが入力地震動の算定結果に差を与えない。



地盤の等価線形解析結果



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

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

前回合資料に岩石コアに関する考え方を追加

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

● 各データから得られる減衰定数の特徴

- 「2. データの取得及び信頼性の確認」において整理したデータに基づき、JEAGに示される手法（三軸圧縮試験、S波検層、地震観測記録による検討）に基づく減衰定数をそれぞれ評価した。
- 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ついては、敷地全体におけるデータを俯瞰した分析を実施する。

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 (リニア型、バイリニア型、一定)	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)	・伝達関数の説明性: リニア型=バイリニア型>一定減衰 ・地震観測記録のシミュレーション結果の大きさ: 一定減衰≥リニア型=バイリニア型 ≒地震観測記録
	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	中央、西側、東側 地盤各1地点ずつ (合計3地点)	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）

前回会合資料に
岩石コア試験結果を追加

4.1 AA周辺グループのデータ整理

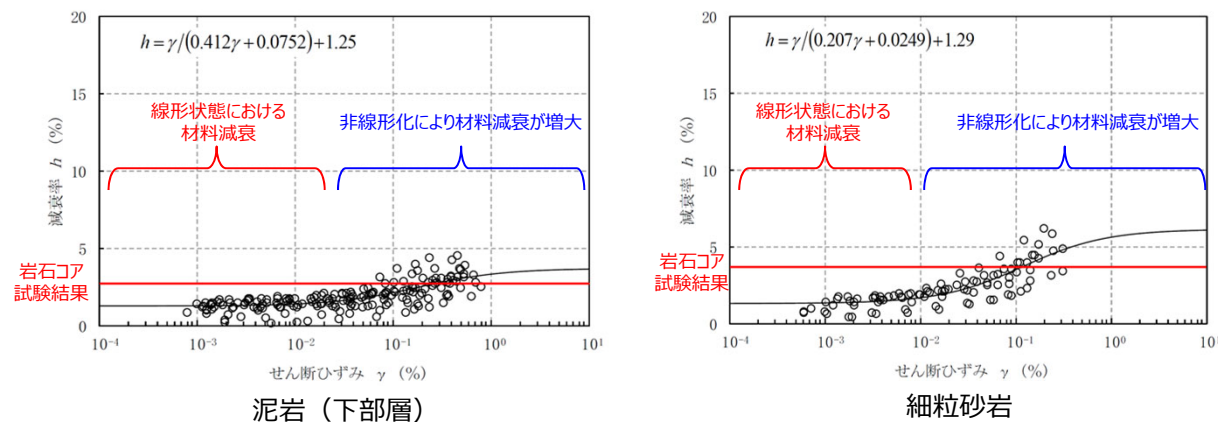
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● C-1：三軸圧縮試験

- 各調査・検討において考慮している試験波等の振幅レベルについては、地震観測記録に基づく方法を除き、いずれも微小振幅レベルにおける減衰定数の傾向を示すものであり、岩盤部分が線形条件にあるときの減衰定数に相当する。
- 以降の検討に用いる調査データについては、微小振幅レベルの振動又は地震観測記録（最大40Gal程度）によるものであり、地盤のせん断ひずみが大きくなるような振幅レベルではないことから、各データに基づく減衰定数については、岩盤部分が線形条件にあるときの値に相当すると考えられる。
- 三軸圧縮試験結果から得られる地盤のひずみ依存特性によれば、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であることから、耐震設計において考慮する地震動レベル（基準地震動 S_s ）においては、今回整理した各種調査・検討に基づくデータに対して、岩盤部分の減衰定数は、線形条件よりもさらに増大することになる。

● C-2：岩石コア試験

- 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。
- 岩石コア試験は、ひずみ量としてはごく小さい領域における試験であるが、三軸圧縮試験においてデータが得られている小ひずみ領域（ 10^{-3} ）にて、複数のデータに共通の傾向として、減衰定数が一定の値に収束している傾向が見られることから、ごく小さいひずみ領域における減衰定数の値も、三軸圧縮試験により、地盤の実態を捉えた値として評価されていると考えられる。
- 上記を踏まえると、岩石コア試験は、透過波形データのノイズによる影響により、地盤の実態に対して大きい値として評価されていると考えられる。
- 以上のことから、各岩種における材料減衰の大きさとしては、「C-1：三軸圧縮試験」の結果を参照することが適切であると考えられる。



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）

4.1 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て以下のとおり減衰定数を同定。
- 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に減衰定数を同定した。考慮する減衰定数のモデルとしては、各種知見に基づき、周波数依存性を考慮したケースとしてリニア型、バイリニア型及び周波数依存性なしのケースを考慮。
- 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、周波数依存性あり（リニア型及びバイリニア型）と周波数依存性なしのケースのいずれについても、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と概ね同等または上回ることから、減衰定数は適切に同定されている。

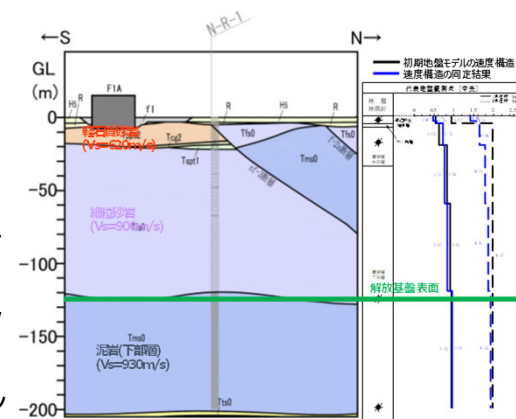
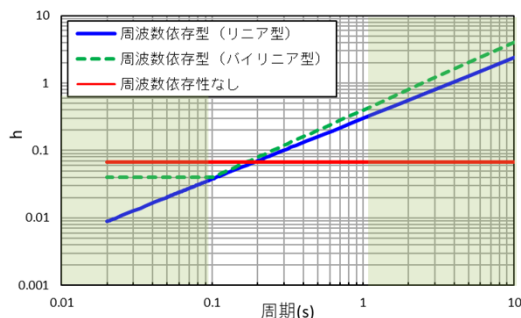


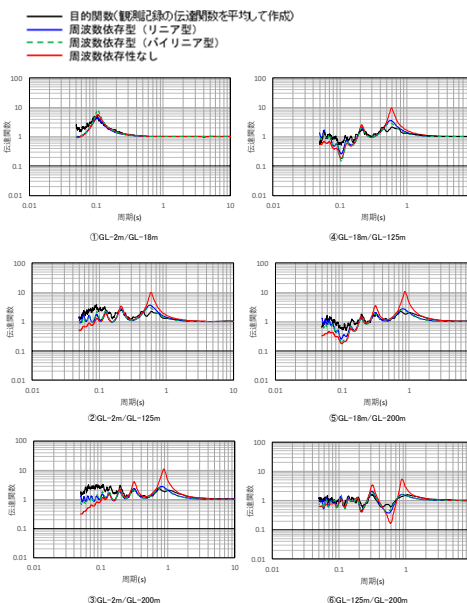
図 地震観測位置の地質断面図及び速度構造・速度境界の同定結果

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	$h=f_0$		Ohla(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)	$h(f)=h_0 f^{-n} (f \leq f_0)$ $h(f)=h_0' f^{-n'} (f > f_0)$		佐藤ほか(2006)

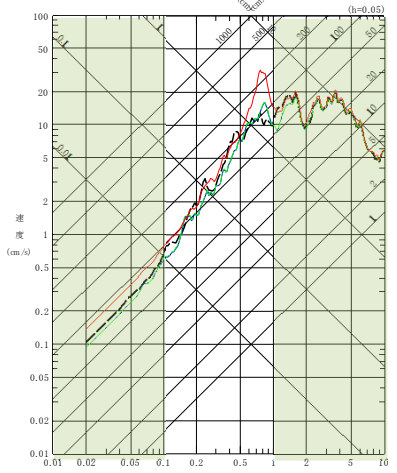


地震観測記録を用いた同定結果



中央地盤観測点（水平）の伝達関数

— 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
 — 周波数依存性なし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)
地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果

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。

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）

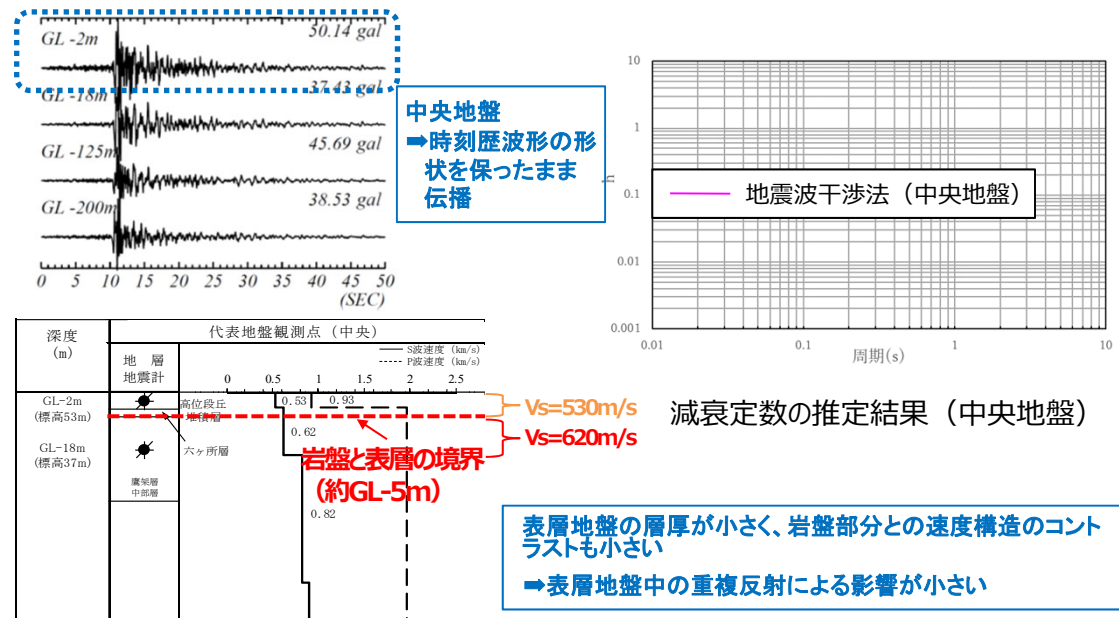
前回会合資料再掲
赤字部分は変更

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

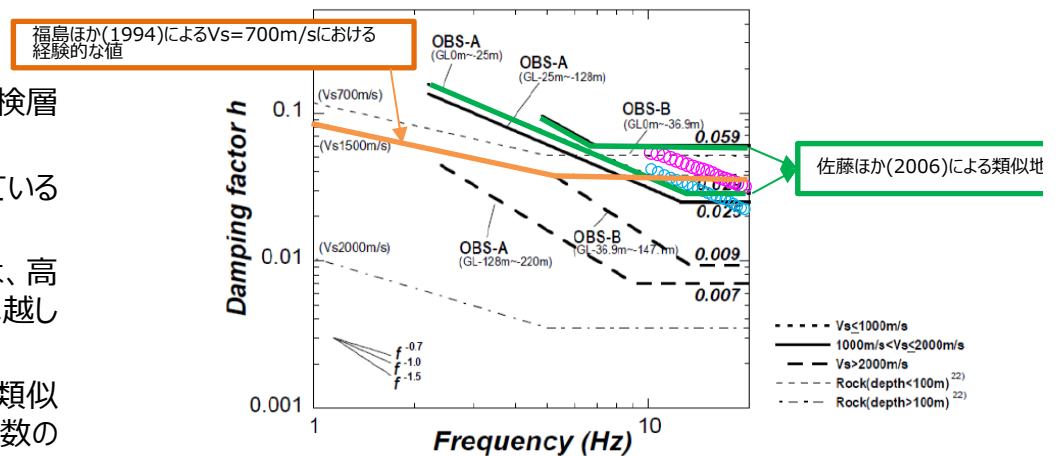
● C-4 : 地震波干渉法

- 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。
- 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した。
- 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。
- 敷地と地下構造が類似している地点で減衰定数を評価している既往知見との比較分析を実施。
 - ・ 既往知見と比較して、AA周辺グループのS波検層データは、高振動数側まで周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越している傾向。
 - ・ AA周辺グループのS波検層データは、敷地と地下構造が類似している地点の減衰定数に係る既往知見における減衰定数の大きさの幅の概ね範囲内にある。

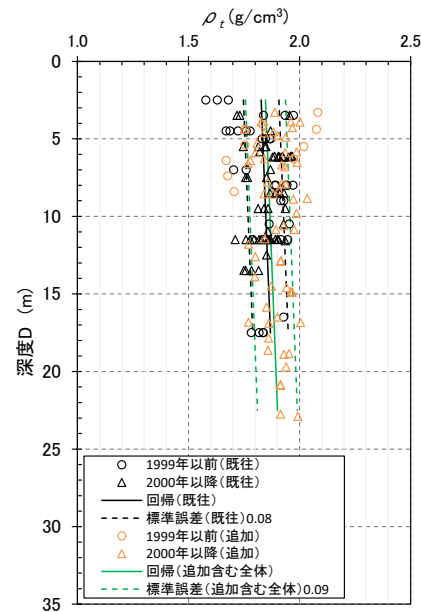


基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

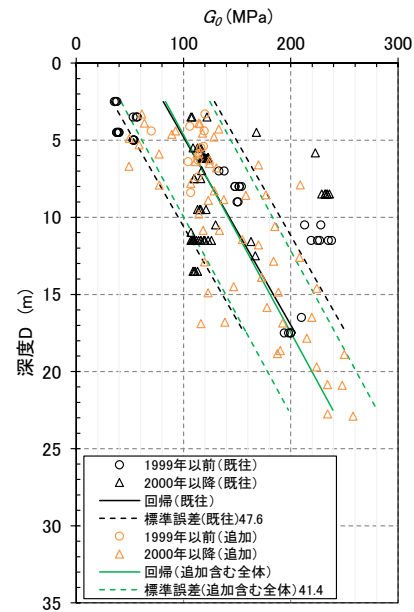
4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ D.表層地盤の物性値等

- 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が、その差は僅かであり、土質材料として同一の母集団と判断できることから、統一した物性値として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

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

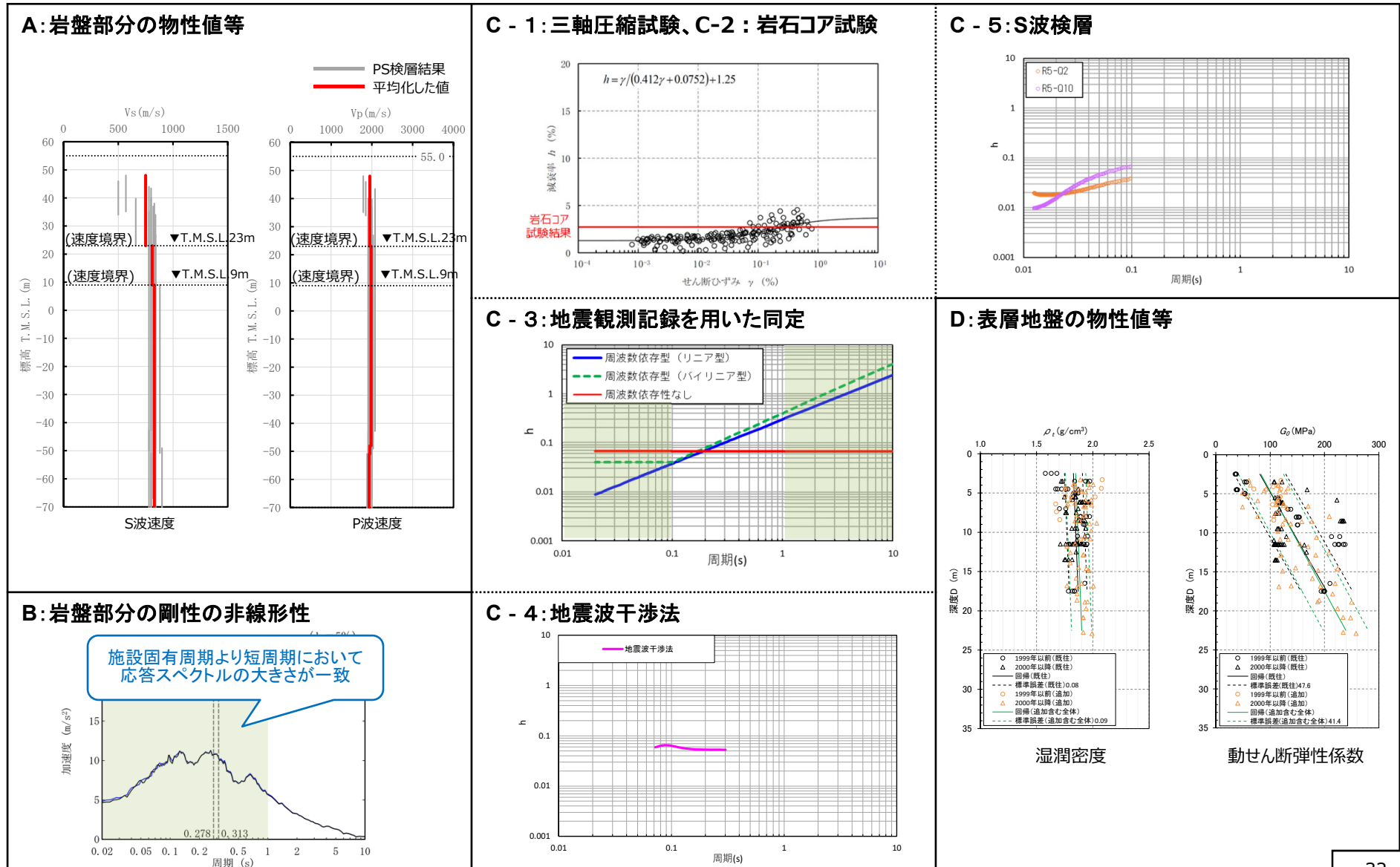
- 各因子について、着目点ごとに、各データの分析結果を以下にまとめて示す。
- 各データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果を「5.」に示す。

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検層結果を平均化した値を考慮することで、敷地における地盤の特徴を捉えた物性値等として評価が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、線形条件と比較して入力地震動の算定結果に影響しない程度の非線形性となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 取得したデータは線形状態における地盤の減衰定数を示していることから、Ss地震の振幅レベルにおいては、さらに大きな減衰定数となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 次回説明 	<ul style="list-style-type: none"> 地震観測記録を用いた同定結果及びS波検層結果から、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"> 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"> 地震観測記録を用いた同定結果及びS波検層結果から、周波数依存性を有しており、散乱減衰が卓越。 既往知見における類似地点における減衰定数の大きさと整合。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土が分布しており、施工年代別に剛性G_0の深度依存性の傾向を踏まえて等価で扱えることから、物性値として深度依存性を考慮する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

4.1 AA周辺グループのデータ整理

■ 整理結果の取りまとめ



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

4.0 ○○グループのデータ整理

以降4.2～4.12に、他グループの分析結果をAA周辺と同じく示す。

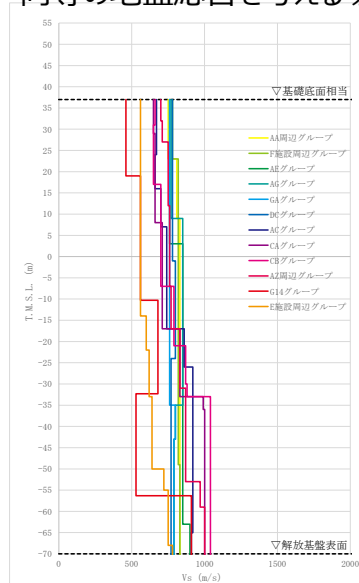
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

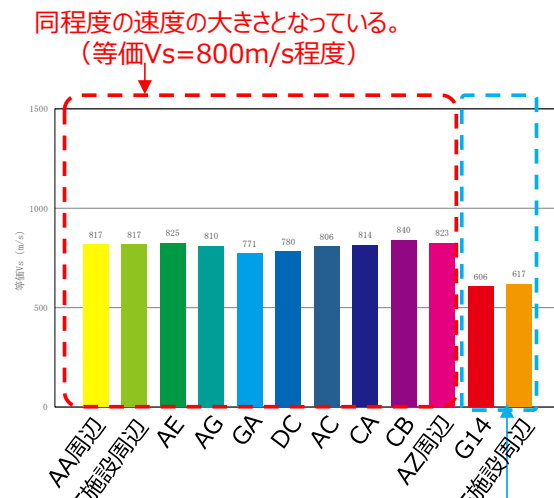
4.において、「A：岩盤部分の物性値等」及び「C：岩盤部分の減衰定数」については、敷地を近接する建屋群ごとに詳細に分割した12グループにおいて得られたPS検層結果またはS波検層データに基づき、個別グループごとのデータに基づき整理を実施したことから、本章にてグループ間の分析結果の関係性に着目した分析を実施。

A. 岩盤部分の物性値等

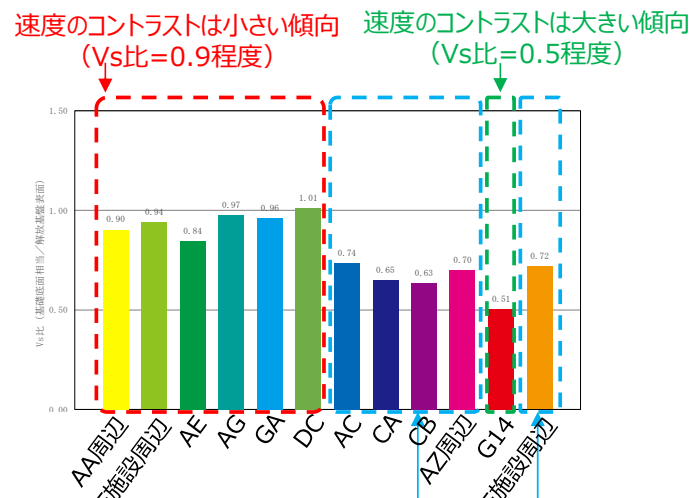
- 各グループにおける岩盤部分の物性値等の分析結果を踏まえ、グループ間の関係性に着目した分析を行うため、以下の確認を実施。
 - 解放基盤表面～基礎底面までの速度の大きさを確認するため、各グループにおける等価S波速度※を算定
 - 解放基盤表面～基礎底面までの速度のコントラストを確認するため、S波速度比を算定
- ※：等価S波速度は、層厚重みづけ平均にて算定
- グループ間の速度構造の関係性に着目した分析の結果、それぞれ以下の傾向となっていることを確認。
 - 速度の大きさがグループ間で同程度であり、速度のコントラストが小さい傾向を有するグループ⇒AA周辺、F施設周辺、AE、AG、GA、DC
 - 速度の大きさがグループ間で同程度であり、速度のコントラストが大きい傾向を有するグループ⇒AC、CA、CB、AZ周辺
 - 上記とは異なる個別の傾向を有するグループ⇒G14、E施設周辺
- 上記の確認結果を踏まえ、同じ速度構造の傾向を有するグループに対して、今後、地盤応答の観点での分析を実施し、上記グループにおいて同等の地盤応答を与える場合については、必要に応じて同じ物性値を設定することが可能な範囲について追加検討を実施する。



速度構造の比較 (S波速度)



他グループと比べ、速度は小さい傾向 (等価Vs=600m/s程度)
等価S波速度



速度のコントラストは小さい傾向 (Vs比=0.9程度) 速度のコントラストは大きい傾向 (Vs比=0.5程度)
速度のコントラストは大きい傾向 (Vs比=0.7程度)
S波速度比 (基礎底面相当/解放基盤表面)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

C：岩盤部分の減衰定数

■手法間の減衰定数の傾向に係る分析

- 「C-3：地震観測記録に基づく同定結果」及び「C-4：地震波干渉法」については、敷地内に分布するf-1断層及びf-2断層で区切られた地下構造が類似するエリア（中央地盤、西側地盤、東側地盤）の単位でデータを反映していることから、「C-4：S波検層」によるデータについても同様のエリアの単位でデータを集約した場合に、手法間の減衰定数の評価結果の傾向の違いについて分析を実施。

【中央地盤】

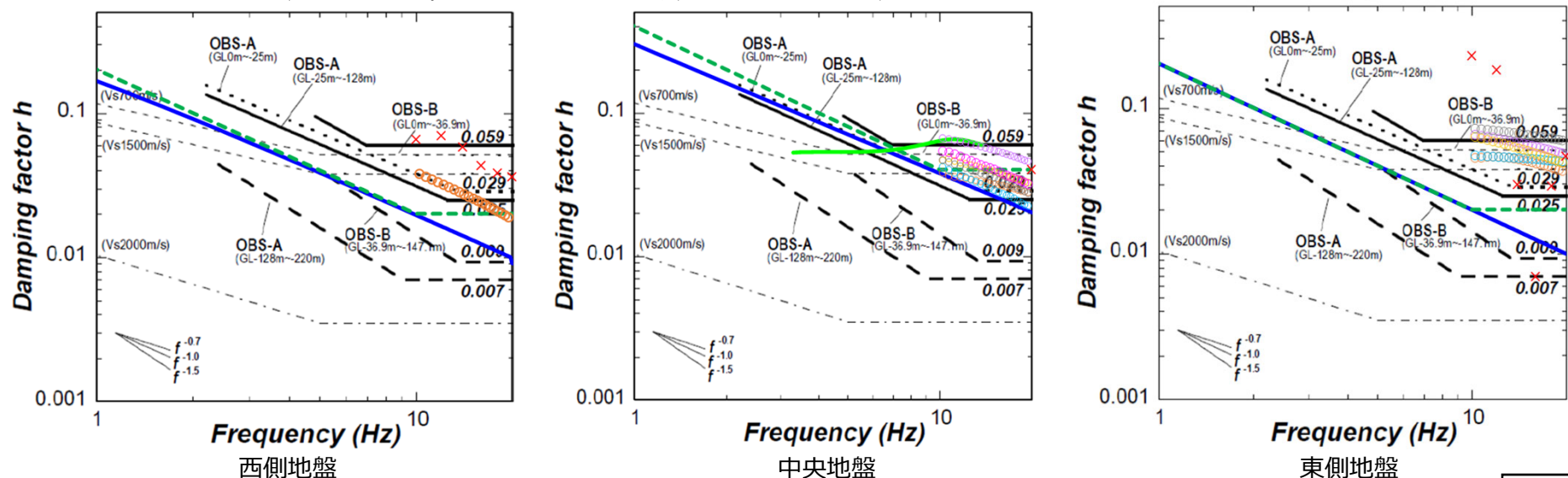
- 各地点のS波検層結果の減衰定数の大きさは、データを取得した全周期帯（周期0.0125～0.1秒）において、地震観測記録に基づく減衰定数の同定結果と同等であり、いずれも既往知見の範囲に対して概ね同等。

【西側地盤】【東側地盤】

- 各地点のS波検層結果の減衰定数の大きさは、データを取得した全周期帯（周期0.0125～0.1秒）において、地震観測記録に基づく減衰定数の同定結果よりも数%程度大きい傾向を示す。
- 地震観測記録に基づく同定結果は、S波検層データ及び類似地点における既往知見の範囲に対して下回る傾向。

- S波検層データは、各グループにおけるボーリング孔において直接加振を行った結果に基づく実測値としてデータを取得しているものであることから、敷地の各地点における地盤の特徴を捉えた減衰定数を評価していると考えられる。

⇒次頁にて、類似地点における既往知見との整合性の観点で、敷地内各地点における減衰定数の差に関する分析を実施。



手法間の減衰定数の差（材料減衰 + 散乱減衰）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

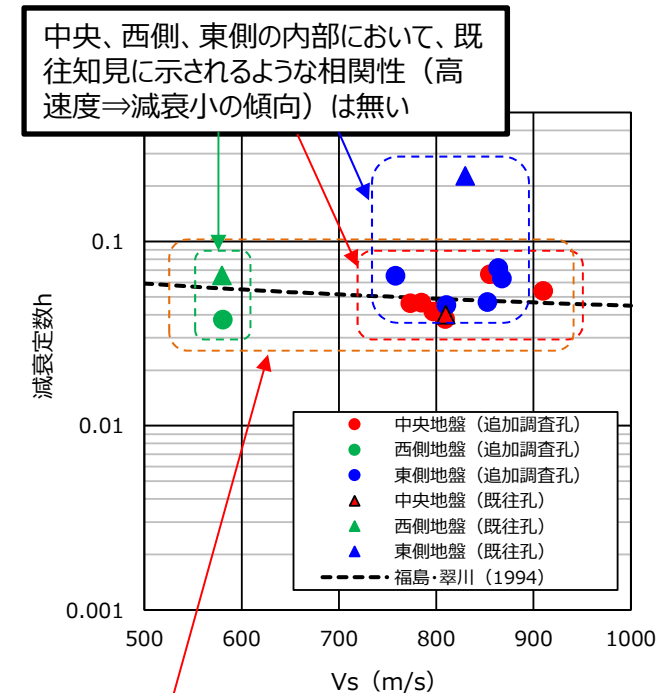
C：岩盤部分の減衰定数

■ 地点間の減衰定数の傾向に係る分析

- 「4.1」における各グループにおける分析結果として、S波検層データは、いずれのグループについても、ごく短周期側（高振動数側）においても振動数依存性を有しており、その大きさは、既往知見に示される類似地点の減衰定数と同等の値になっているとの共通的な傾向が得られている。
 - 前頁に示した佐藤ほか（2006）によれば、対象とする地盤のVsが大きいかほど減衰定数は小さくなる傾向にあることから、仮に、敷地の地盤の特徴として、Vsの大きさに応じてグループ間で異なる減衰定数の傾向を示す場合には、減衰定数を個別に評価する必要がある。
- ⇒グループ間における共通性に関する深掘り検討として、グループ間における速度構造の差と減衰定数の大きさの相関性について分析を実施。

【分析結果】

- 中央地盤、西側地盤、東側地盤それぞれの中での傾向としては、Vsの大きさと減衰定数の大きさに相関性は見られない。
 - 既往知見における経験式（福島ほか（1994））においても、敷地内のVsの範囲内（約600m/s～1000m/s）においては、減衰定数は大きく変動しない範囲に該当しており、敷地において得られた各地点のデータも変動量は小さく、既往知見による経験式と整合。
- 以上のことから、当社敷地における地盤の特徴としては、概ね同等の減衰定数を与えるような地下構造の範囲内にあると考えられる。
- ⇒地震観測記録データの適用において考慮している範囲と同様に、f-1、f-2断層を境とした中央、西側、東側の単位で、エリア内の複数データに基づき設定することで、敷地の地盤の特徴を捉えた値が設定可能。



敷地全体の減衰定数の大きさの傾向は、同等の速度構造における既往知見の傾向（Vs500m/s～1000m/sで変動量小）と整合。

- 注1：上図における減衰定数はS波検層データのうち周期0.1sにおける値をサンプリング。Vsは当該地点におけるPS検層結果について層厚重みづけ平均により算定。
- 注2：東側地盤における既往孔のデータ（▲）についてはばらつきが大きいことから傾向分析上は参考扱いとしている。

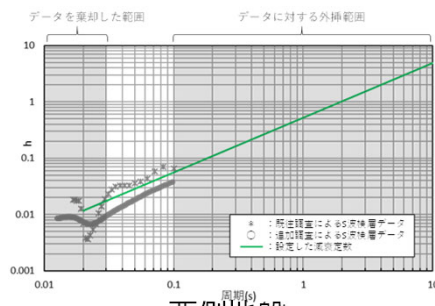
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

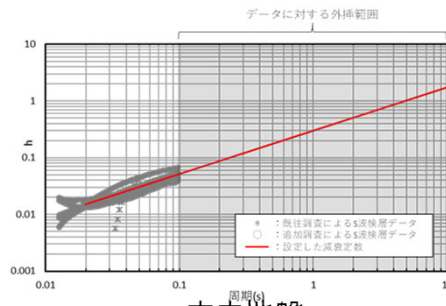
■ C. 岩盤部分の減衰定数

● 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造としての減衰定数の設定

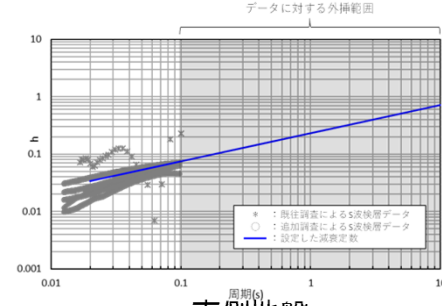
- 中央地盤、西側地盤、東側地盤それぞれにおけるS波検層結果を平均化し、周波数依存性を有する減衰定数を設定した。なお、S波検層データの信頼区間外である周期0.1秒よりも長周期側については、周波数依存性の傾きが維持される条件で外挿して設定した。
- 上記により設定した減衰を用いて、地震観測記録のシミュレーションを実施した結果、上記外挿範囲も含め、地震観測記録及び「C-3：地震観測記録を用いた同定」におけるシミュレーション解析結果と整合した。
- 以上のことから、S波検層データに基づき設定した中央地盤、西側地盤、東側地盤それぞれにおける減衰定数は、敷地の地盤の特徴を捉えた減衰定数の値として適切であることを確認した。
- ただし、本分析において用いたデータは、微小振幅レベルにおける調査結果または地震観測記録に基づくものであり、線形条件における減衰定数に相当するものであることから、地盤の非線形化が進行するような大地震時においては、「C-1：三軸圧縮試験」における非線形特性を踏まえた材料減衰の増加を別途考慮する必要がある。



西側地盤

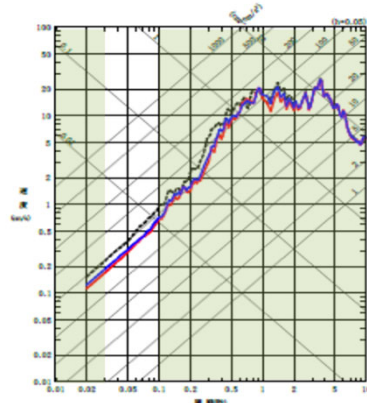


中央地盤

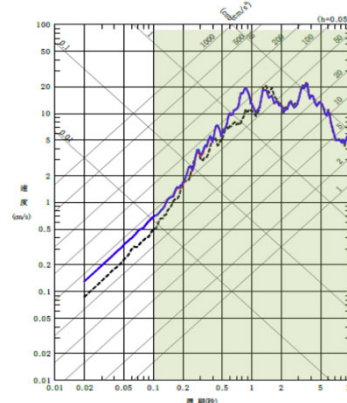


東側地盤

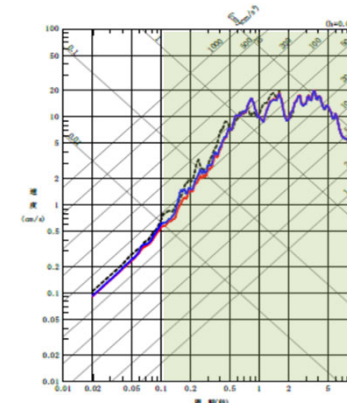
注：西側地盤については、周期0.03秒までに見られる減衰定数の谷を考慮して外挿した場合、周期1秒程度で減衰定数が1を上回る過大な減衰定数の傾向となったことから、当該周期は棄却して平均化を行うことが適切であると判断した。
敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造としての減衰定数の設定結果



西側地盤



中央地盤



東側地盤

地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果（2011年3月11日14：46（M9.0）EW成分の例）

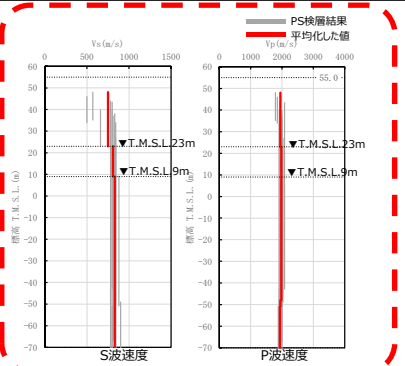
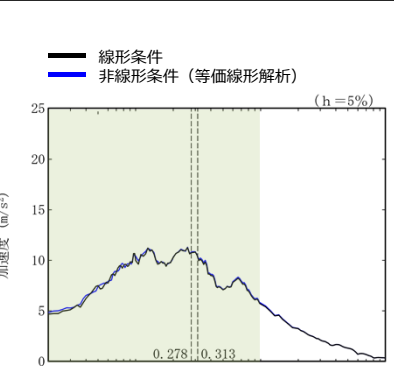
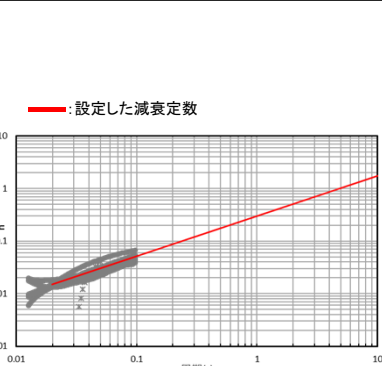
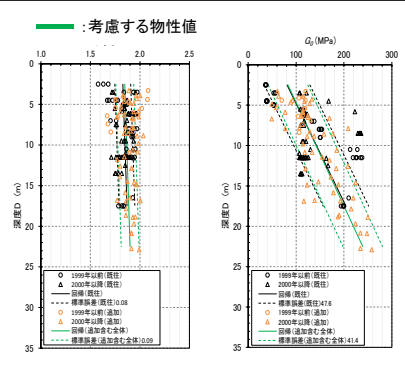
— 建屋基礎面相当レベル（GL-18m）における観測記録
— 地震観測記録に基づく周波数依存性（リア型）の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答
— S波検層結果に基づく周波数依存性（リア型）の減衰定数を用いたGL-18mの地盤応答

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

■ データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造（AA周辺グループ）

- 各因子について、各データの分析結果に基づき、各データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る考え方を示す。

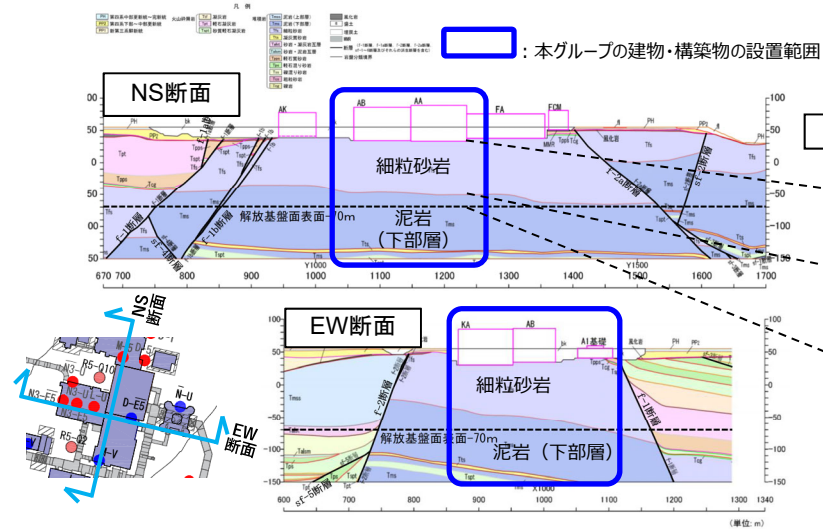
設定するパラメータ	A. 岩盤部分の物性値等	B. 岩盤部分の非線形性	C. 岩盤部分の減衰定数	D. 表層地盤の物性値等
	速度構造 (層厚, Vs, Vp, ρ)	ひずみ依存特性 (G/G ₀ -γ関係)	減衰定数 (h)	速度構造 (G ₀ , γ)
敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造	<ul style="list-style-type: none"> 「3.」において整理した本グループに適用するPS検層結果を平均化した値を考慮。 AA周辺、F施設周辺、AE、AG、GA、DCについては速度構造が類似していることから、今後、地盤応答の観点での確認により同等の地盤応答を与える場合には、必要に応じて同じ物性値を設定することが可能な範囲について検討。 	<ul style="list-style-type: none"> Ss地震の振幅レベルにおいても、線形条件と比較して入力地震動の算定結果に影響しない程度の非線形性となっていることから、非線形性は非考慮。 	<ul style="list-style-type: none"> 中央地盤において得られたS波検層データの平均を設定。 S波検層データの信頼周期区間外（周期0.1秒以降の長周期側）は外挿して設定。 地盤の非線形化が進行する大地震時においては、別途材料減衰の増分について、三軸圧縮試験結果に基づき考慮が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 埋戻し土が分布しており、施工年別に剛性G₀の深度依存性の傾向を踏まえて等価で扱えることから、物性値として深度依存性を考慮。
	 <p>PS検層結果 平均化した値</p> <p>次回以降、速度構造が類似するGr(AA周辺、F施設周辺、AE、AG、GA、DC)における地盤応答の観点での比較分析結果を踏まえ必要に応じ、他Grのデータを追加</p>	 <p>線形条件 非線形条件（等価線形解析） (h = 5%)</p>	 <p>設定した減衰定数</p>	 <p>考慮する物性値</p> <p>湿潤密度 動せん断弾性係数</p>

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

■データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造（AA周辺グループ）

➤ 各データの分析結果を踏まえた、AA周辺グループにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定状況を示す。



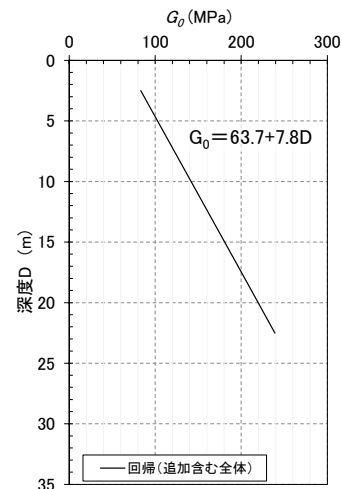
AA周辺グループにおける敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造

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							
表層地盤	埋戻し土	敷地内の平均値 (深度依存考慮) を設定				考慮 ($G/G_0 - \gamma$)	考慮 ($h - \gamma$)
*1							
23.00	細粒砂岩	18.3	750	1950	非考慮	S波検層に基づく減衰定数	
9.00	細粒砂岩	18.3	810	1980			
-48.00	細粒砂岩	18.0	830	1980			
-51.00	泥岩 (下部層)	17.8	830	1950			
▽解放基盤表面							
-70.00	泥岩 (下部層)	17.4	830	1930			
	—	17.4	830	1930			

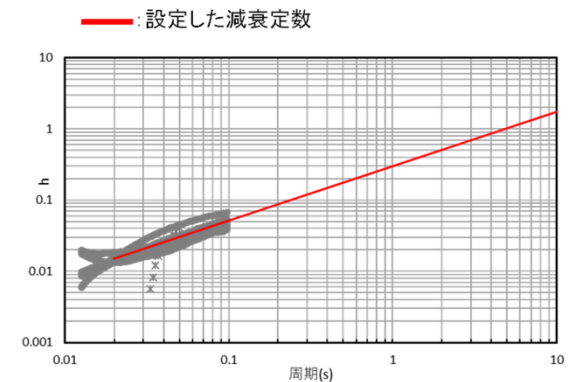
*1: AA周辺グループの各施設の基礎底面レベルを適用

次回以降、速度構造が類似するGr (AA周辺、F施設周辺、AE、AG、GA、DC) における地盤応答の観点での比較分析結果を踏まえ必要に応じ、他Grのデータを追加

AA周辺グループの地下構造



図(a) 埋戻し土の物性値



図(b) 岩盤部分の減衰定数

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

5. 敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定に係る分析

- データの分析結果を踏まえた敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造（〇〇グループ）

これ以降に敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造の設定結果をAA周辺と同じく示す。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

6. 今後の対応

■ 次回以降の説明内容

① 地下構造モデルの設定に係る検討

- 地下構造モデルの設定として、速度構造が類似するグループにおいて、地盤応答の観点での比較分析を実施し、各グループの敷地の地盤の特徴を捉えた地下構造を設定する。

② 設計に用いる地盤モデル（基本地盤モデル）を作成するために必要な検討項目及び検討方針

- 設計に用いる地盤モデルに設定にあたっては、具体的な耐震設計を行っていく上での解析プログラムの制限及び設計の合理性を考慮し、周波数一定の減衰定数の設定に係る検討を実施する。
- 上記事項の設計に用いる地盤モデルの適用にあたっては、各グループで設定された地下構造モデルとの応答スペクトル等による確認を実施し、施設の耐震設計で適用する上での合理性を検討する。

③ 設計に用いる地盤モデル（基本地盤モデル）の作成及び入力地震動の算定結果