

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

■ これまでの新規制基準の対応における経緯

- 新規制基準の適用に向けた設計では、客観的な視点に基づき設計根拠の妥当性等を確認すべきところ、新規制基準の施行以前に認可された設計条件である地盤モデルを踏襲しなければならないとの先入観があり、この地盤モデル（以下、「申請地盤モデル」という）を適用した。
- 本来であれば、「申請地盤モデル」の適用に対して、既認可以降における以下の「状態変化を踏まえた確認」を行う必要であったが、確認が不十分であった。
 - ① 新規制基準に伴う基準地震動の増大を踏まえた適用性
 - ② 新設施設の設置位置と「申請地盤モデル」の適用範囲の関係性
 - ③ 既認可以降の新たな調査結果（PS検層結果、地震観測記録）と「申請地盤モデル」に用いた既往のデータとの関係性
- また、新規制基準後の第1回の設工認実績（再処理・MOX施設）と「申請地盤モデル」との対応関係を踏まえた説明を行うべきであった。
- この反省を踏まえ、客観的な視点に基づく一般的・標準的な手法での「基本地盤モデル」を設定する。

■ 本日の説明内容

- 基本地盤モデル設定にあたり、各因子における現時点での検討状況を示すとともに、今後の進め方について説明を行う。

【各因子に対する状況】

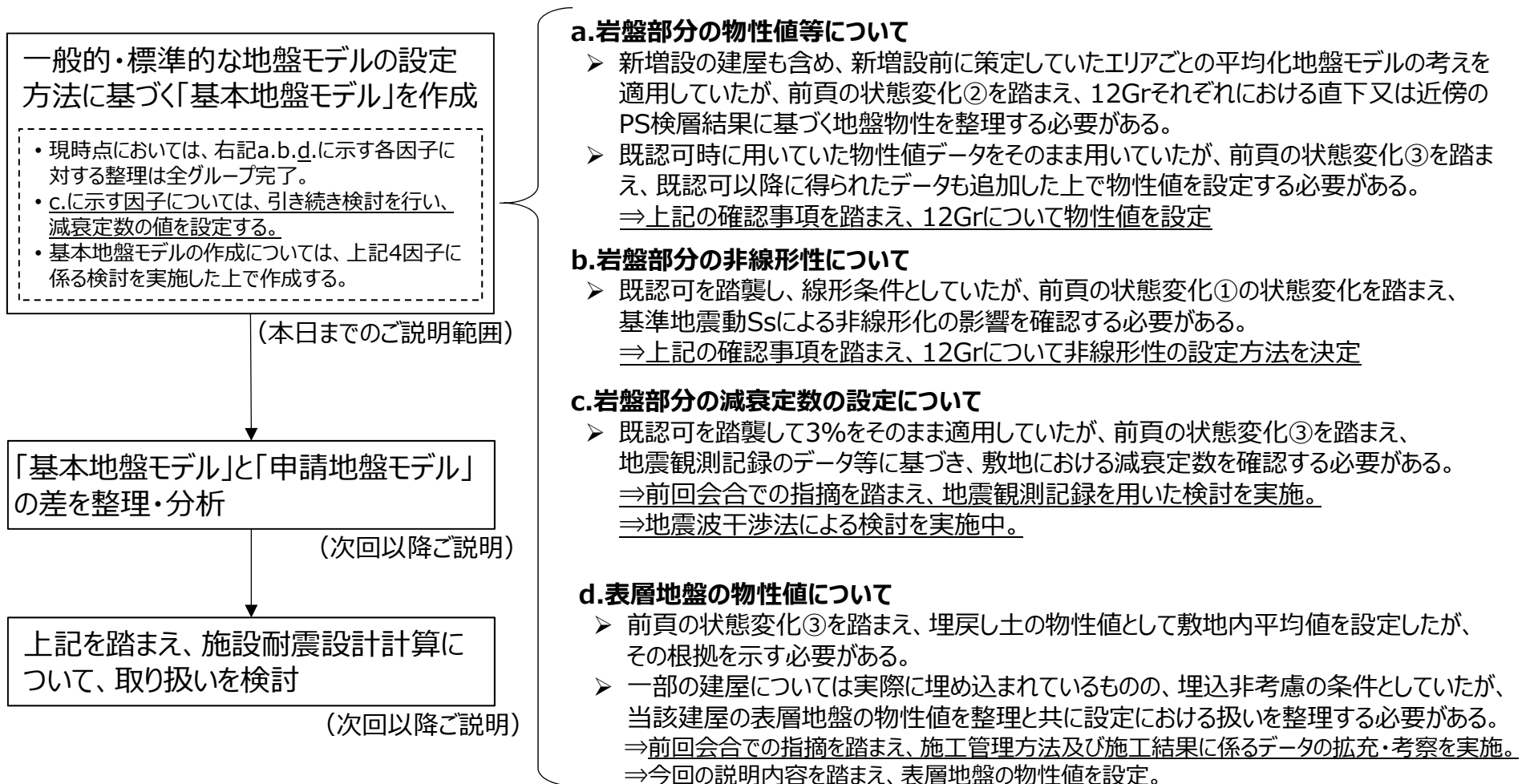
- 岩盤部分の物性値等について ⇒12Grにおける物性値の設定
 - 岩盤部分の剛性の非線形性について ⇒12Grにおける剛性の非線形性の設定方法を決定
 - 岩盤部分の減衰定数について ⇒前回会合からの追加検討内容及び今後の検討方針を本日説明
 - 表層地盤の地盤物性について ⇒前回会合からの追加検討内容及び今後の検討方針を本日説明
- また、岩盤部分の減衰定数及び表層地盤の物性値については、各評価に対する信頼性向上として追加調査を行うことから、その調査計画について説明を行う。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

R5.6.20 審査会合
P10に削除修正
修正箇所下線

■ 検討の進め方

- 「基本地盤モデル」の設定に当たっては、以下の事項に基づき検討を実施する。
 - 近接する建物・構築物グループ（12Gr）において直下又は近傍の地盤の特性を考慮する。
 - 得られているデータ全てを用いる。
 - 各因子に対する検討により、敷地における地盤の特性を整理する。



基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：岩盤部分の物性値等】

a. 岩盤部分の物性値等について

【一般的・標準的な手法に基づく整理】

- 既認可時と比べ、新增設に伴いエリアが拡大されていること、及び既認可以降の新たな地盤調査結果が得られていることを踏まえて設定。
- 一般的・標準的な手法として、JEAG4601-1987に示される物性値設定の考え方にに基づき、近接する建屋グループ（12Gr）における直下又は近傍のPS検層結果のデータを全て用いた整理を行う。

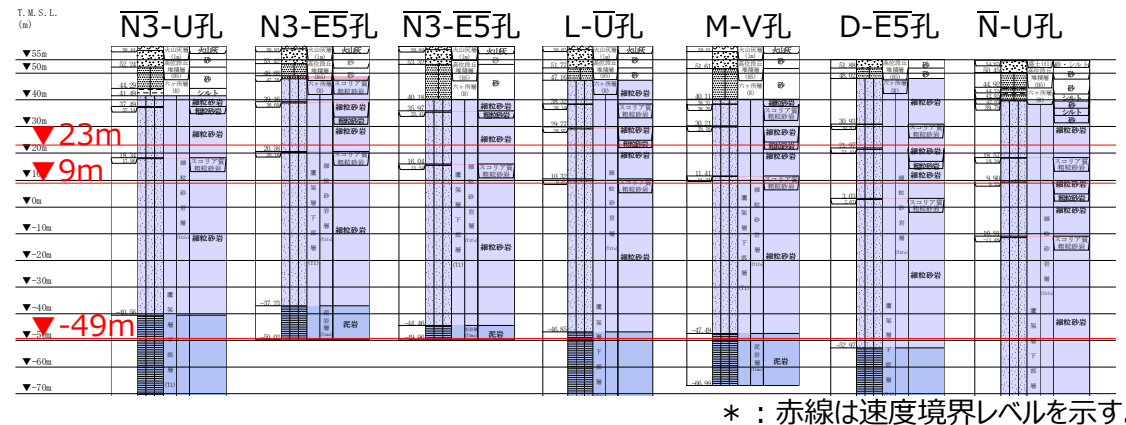


図1 AA周辺の岩盤部分の物性値等の設定に用いるPS検層孔の柱状図

複数のPS検層結果を平均化
(S波速度、P波速度、層厚、単位体積重量)

➤ 岩盤部分の物性値等の設定結果

得られているデータ全て（P19における● + ●）を用いて12Grそれぞれにおける物性値を設定した。

- 速度構造は、複数のPS検層結果を速度境界及び地質境界で平均化
- 単位体積重量は、PS検層孔で得られた湿潤密度を平均化
- 岩種の深さ分布は、複数の地質柱状図を踏まえた、主要な岩種を設定
- 上記設定は、第1回申請（PA、A4B*）と同様の考え方

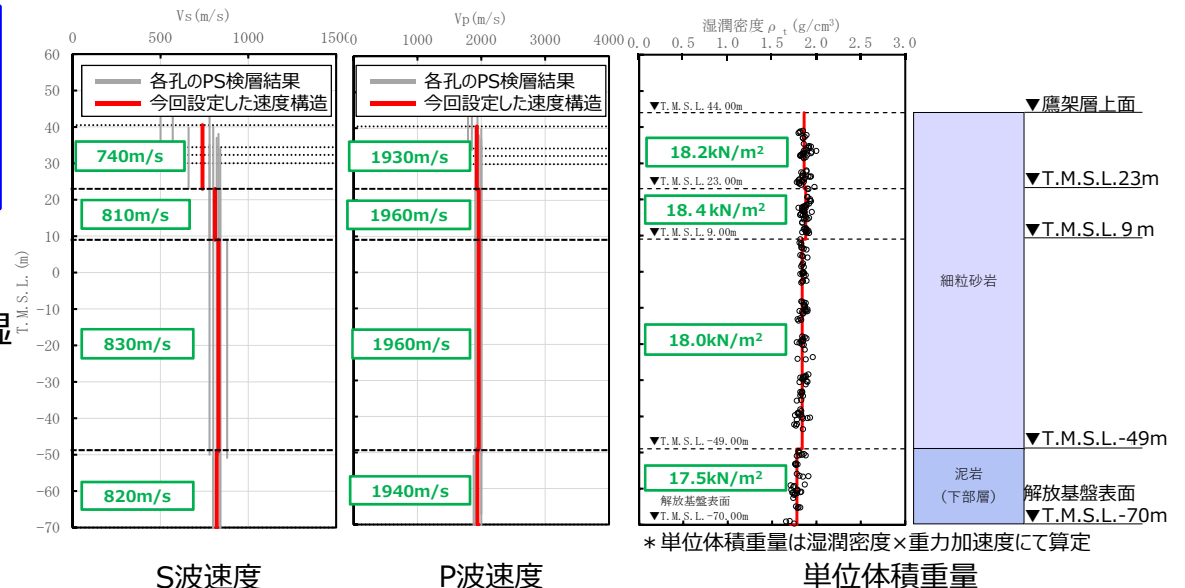


図2 AA周辺のPS検層結果に基づく速度構造及び単位体積重量

* : PA : 燃料加工建屋、A4B : 安全冷却水B冷却塔

基準地震動に基づく入力地震動の策定 (地盤モデル)

【基本地盤モデルの作成：岩盤部分の剛性の非線形性】

b. 岩盤部分の剛性の非線形性について

【一般的・標準的な手法に基づく整理】

- 既認可時と比べ、基準地震動の増大に伴い、基準地震動 S_s が伝播した際に地盤のせん断ひずみが大きくなり、岩盤部分においても剛性低下が生じる可能性があることを踏まえ、岩盤部分の剛性の非線形化による剛性低下が入力地震動に及ぼす影響の確認を行う。

➤ 岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響の確認結果

基準地震動 S_s における岩盤部分について、非線形条件とした場合と線形条件とした場合の層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、岩盤部分の剛性の非線形性による影響は小さいことから、線形条件とする。

- S_s 地震時の岩盤部分のせん断ひずみは 10^{-4} 程度であり、主要な岩種において局所的な大ひずみ等は生じていない。(図1)
- 地盤の非線形性を考慮した場合(等価線形解析の結果)と、線形解析による結果と比較すると、基礎底面レベルの入力地震動については、周期特性もよく一致しており、同等の結果となる。(図3)
- 第1回申請(PA、A4B)においては、岩盤部分の減衰定数についてひずみ依存特性を考慮したことから、剛性についても考え方を揃える観点でひずみ依存特性を考慮し非線形を考慮することとしていた。
- S_s 地震時の岩盤のせん断ひずみはPA、A4Bともに 10^{-4} 程度であったことから、岩盤部分の剛性の非線形性の考慮又は非考慮は、第1回申請における入力地震動の算定結果にも影響を与えない。

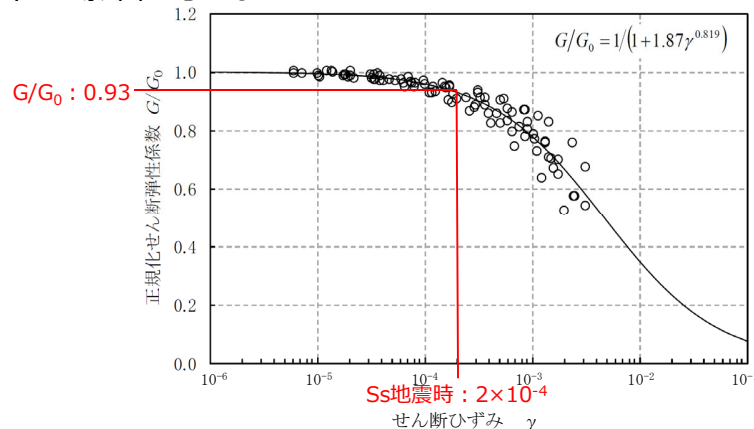


図2 ひずみ依存特性 (細粒砂岩の例)

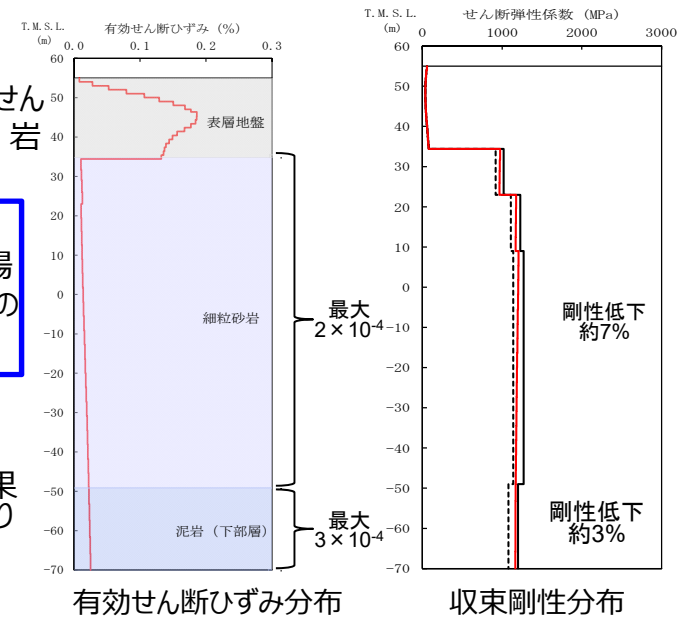


図1 地盤の等価線形解析結果 (AB)

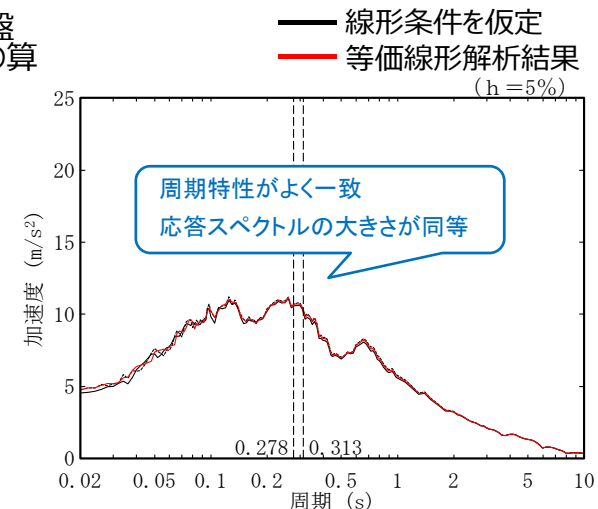


図3 基礎底面レベルの入力地震動 (AB)

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：岩盤部分の減衰定数（1/3）】

c. 岩盤部分の減衰定数について

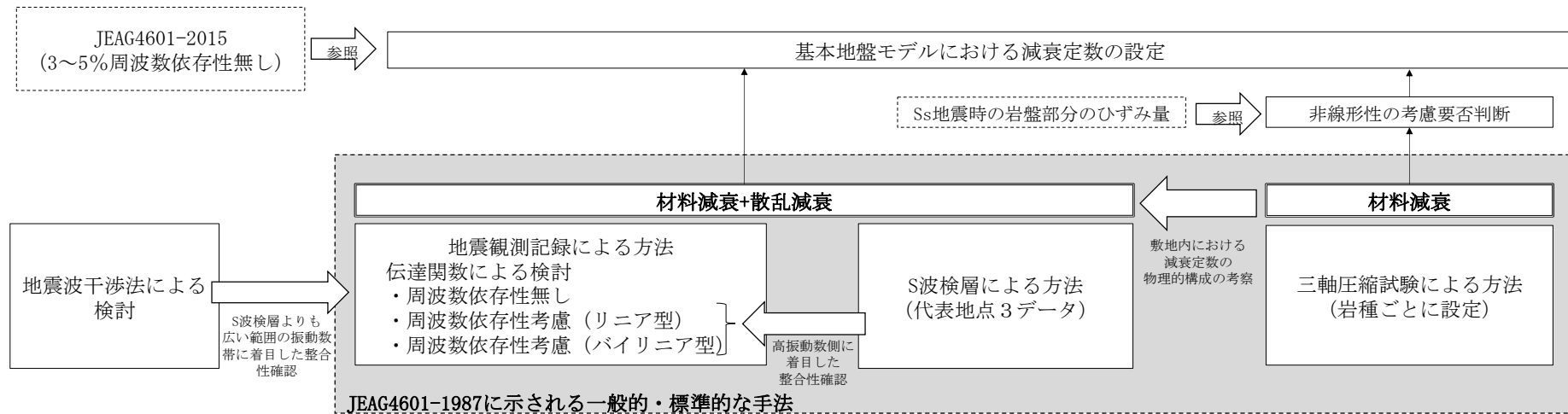
【一般的・標準的な手法に基づく整理】

- JEAG4601-1987に示される複数の減衰定数の同定手法が示されている。
- JEAG4601-2015における減衰定数の慣用値（軟岩サイトで3～5%）が示されている。

JEAG4601-1987に示される減衰定数の同定手法

- 繰返し三軸圧縮試験による評価結果（材料減衰のみ考慮）
- S波検層による評価結果（材料減衰と散乱減衰の両方を考慮）
- 地震観測記録を用いた評価結果（材料減衰と散乱減衰の両方を考慮）

基本地盤モデルの減衰定数については、JEAG4601-1987に示される同定手法に基づく検討（他サイトにおいて審査実績のある手法についても参照）を行い、検討結果を踏まえた設定を行う。（図1参照）



今後、8/21提出の別紙2-3の内容に合わせ差替え

注記 各手法による岩盤部分の減衰定数に係る評価の信頼性の向上を目的とした追加調査を今後実施。詳細はP13に示す。

図1 岩盤部分の減衰定数の設定に係る各手法の関係性

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：岩盤部分の減衰定数（2/3）】

R5.6.20 審査会合
P13に加除修正
修正箇所下線

c. 岩盤部分の減衰定数について

【JEAG4601-1987における各同定手法の検討状況】

① 繰返し三軸圧縮試験による評価結果（材料減衰のみ考慮）

この手法により評価された減衰定数は、敷地における岩種ごとのひずみ依存特性に対応するものとして、事業変更許可における添付書類四「4. 地盤」にて整理済み。

② S波検層による評価結果（材料減衰と散乱減衰の両方を考慮）

S波検層による評価は、その手法の条件として高振動数側をターゲットとしており（20Hz以上）、建物・構築物の固有振動数帯（2～3 Hz）に適合する減衰定数は評価できないが、敷地における評価結果では、10～20Hzにて約4%（中央地盤）、約6%（西側地盤）の値が得られている。東側地盤では約20%の値が得られており、ばらつきの大い結果になっている。（図1）

③ 地震観測記録を用いた評価結果（材料減衰と散乱減衰の両方を考慮）（今回追加説明）

- 敷地において得られている地震観測記録と整合するように減衰定数を評価。（事業変更許可におけるはざとり地盤モデルの作成と同様の手法。ただし振動数依存性考慮なし）
- 地震観測記録（図2の位置）を用いた伝達関数のフィッティングによる検討
周波数依存性を考慮した減衰定数のフィッティング（リニア型、バイリニア型）による検討を実施。
- 地震波干渉法による検討
中央地盤における検討を実施し、上記①の周波数一定の減衰定数と概ね整合的であることを確認。
西側地盤及び東側地盤については、引き続き検討を実施。

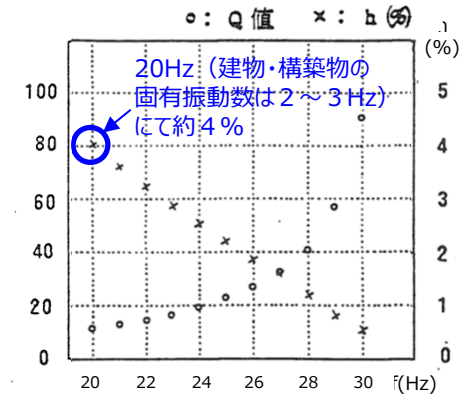


図1 S波検層による評価結果（中央地盤L-T孔の例）

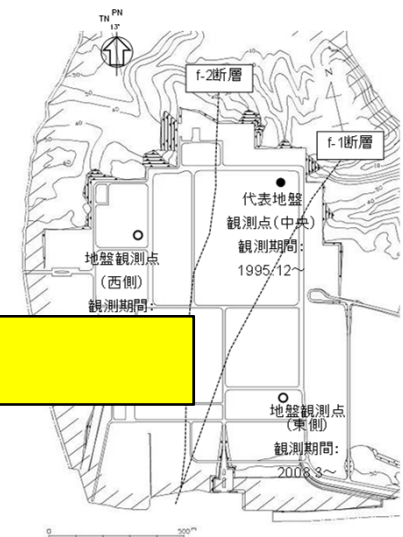


図2 敷地における地震観測位置

【検討状況一覧】

JEAG4601-1987に示される	西側地盤	中央地盤					東側地盤				
①繰返し三軸圧縮試験による評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
②S波検層による評価*1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
③地震観測記録を用いた評価*2	伝達関数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	地震波干渉法	△	○	○	○	○	○	○	○	△	△

○：検討完了、△：継続検討が必要

*1：S波検層の追加調査を実施し信頼性の向上を図る。 *2：常時微動の計測を実施し信頼性の向上を図る

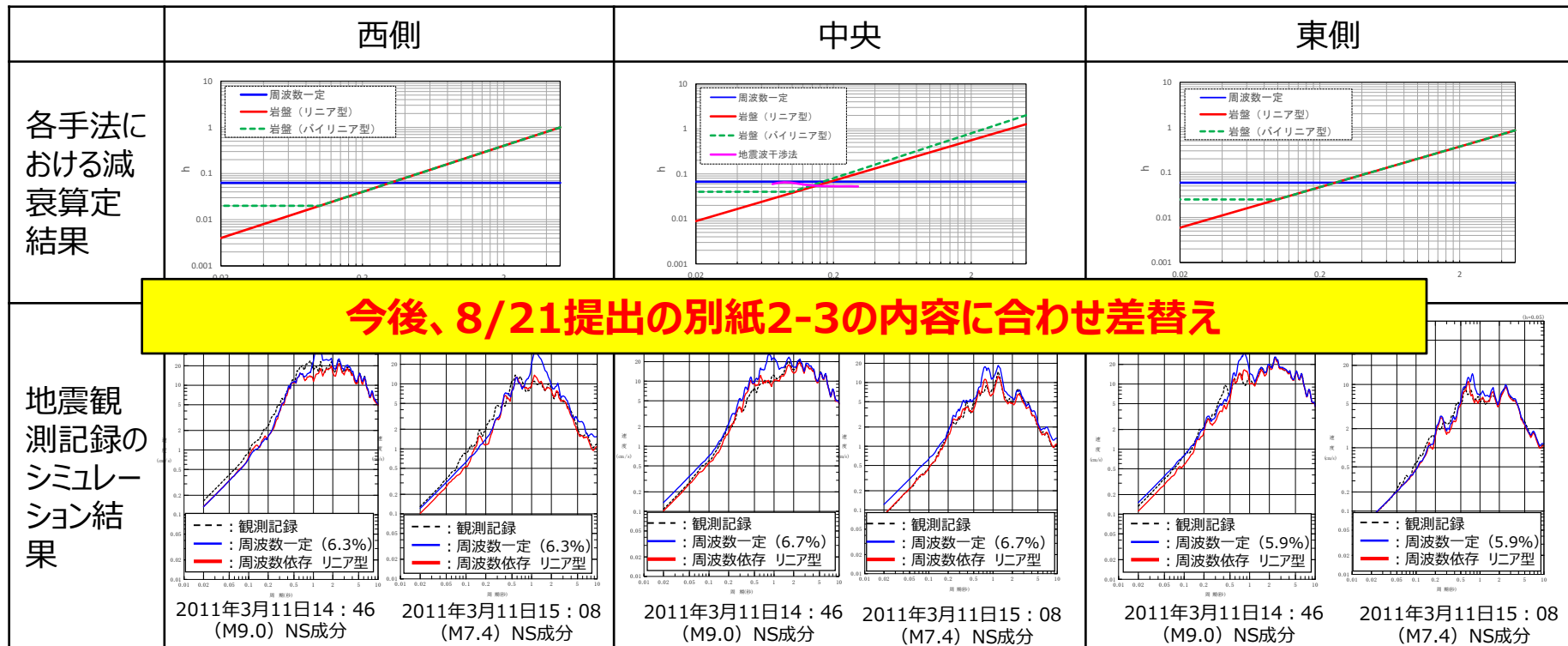
基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：岩盤部分の減衰定数（3/3）】

c. 岩盤部分の減衰定数について

【現時点の評価結果の整理】

- 現時点における減衰定数の同定結果及び同定結果を踏まえたシミュレーション解析結果を示す。



【継続検討事項】

- 西側地盤及び東側地盤に対し、地震波干渉法による検討を引き続き実施する。本検討の結果によって減衰定数の設定の見通しが得られることから、結果が得られ次第基本地盤モデルにおける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）

【基本地盤モデルの作成：表層地盤の物性値（1/4）】

d.表層地盤の物性値について

【一般的・標準的な手法に基づく整理】

- 敷地内で得られている埋戻し土の全データを用いて設定する。
- 人工材料である地盤については、施工プロセスや品質管理条件にも着目した確認を実施する。

➤ 埋戻し土の施工状況・管理方法

- 再処理施設における埋戻し土は、2つの施工時期（1994～1999年以前と2000年以降）で実施されている（図1）。
各々の施工時期においては、道路土工（施工指針）、地盤工学会関係基準に基づく施工要領により、同等な施工管理（施工プロセス：締固め工法、管理基準：締固め度）がなされている。
- 施工年代別のコーン指数 q_c 、締固め度 D_c 及び粒度分布を確認することにより、一定のばらつき範囲内で管理されていることを確認。なお、データがない範囲（埋戻し工事B；KT-3及びKT-9）の粒度分布にも偏りや明瞭な傾向の違いは認められないことを確認。（図2～4）

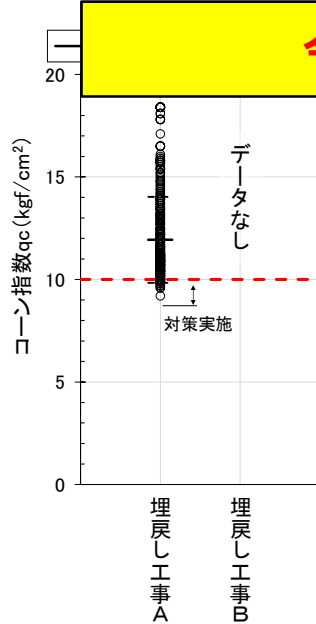
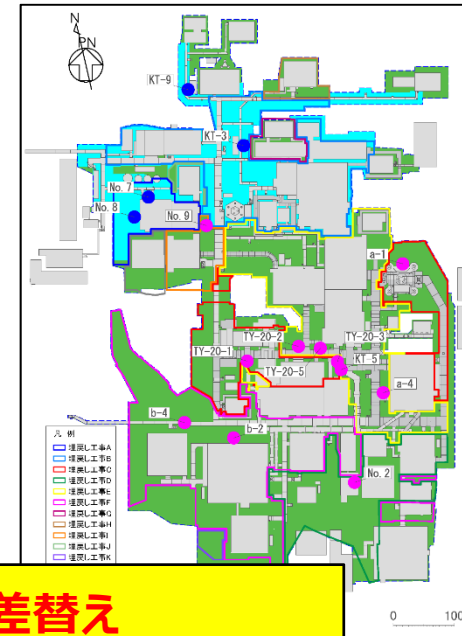


図2 施工管理記録
(1999年以前)

今後、8/21提出の別紙2-4の内容に合わせ差替え

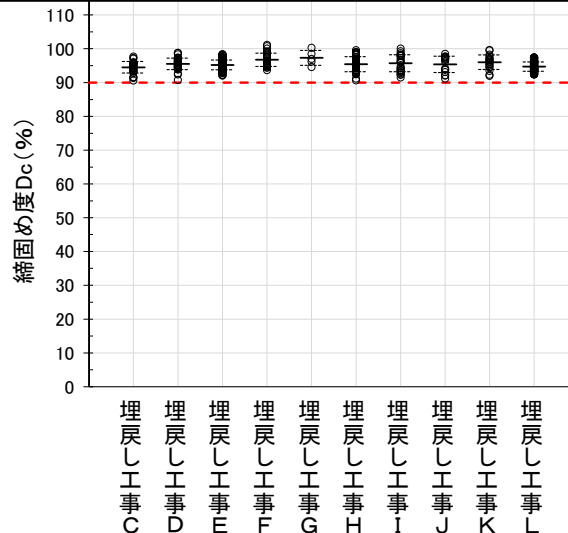


図3 施工管理記録
(2000年以降)

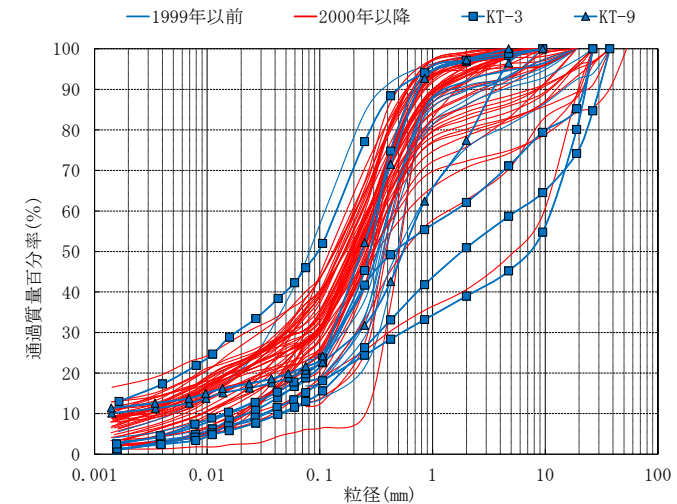


図4 施工年代別の粒度分布

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：表層地盤の物性値（2/4）】

d. 表層地盤の物性値について

➤ 埋戻し土の物性値

- 埋戻し土の物性値として、再処理敷地内全体で採取された物性値データを図5及び図6に示す。図6の動せん断弾性係数 G_0 分布（ ρ_t と V_s (PS検層)から算定)に示すとおり、敷地内全体における埋戻し土は、一般的な土質材料の傾向と同様に、拘束圧依存による影響としての深度依存が確認されている。
- 図7に示す全孔で計測されている V_s 分布を比較すると施工時期によらず同程度のばらつきを有しており、○で示す1m毎の V_s 平均値は深度依存の傾向を示す。図8にこの平均 V_s と図5の ρ_t の回帰から算定した G_0 を重ね書いたものを示す。図に示すとおり、各施工時期ともに埋戻し土としての深度依存性を示すとともに、再処理敷地内全体平均の標準誤差（ $\pm\sigma$ ）の $\pm 1\sigma$ 程度のばらつきになっている。図9に ρ_t の μ (平均), $\pm\sigma$ (ばらつき)と V_s の μ (平均), $\pm\sigma$ (ばらつき)の掛け合わせとして9組の回帰とデータセットから得られた G_0 の回帰及び標準誤差を示す。図によれば、それぞれの回帰から算定した G_0 の回帰は、 V_s の回帰に依存しており、それぞれで ρ_t が $+\sigma$ の場合には、 G_0 が若干大きくなる傾向を示し、 ρ_t が $-\sigma$ の場合には、 G_0 が若干小さくなる傾向となっている。埋戻し土は均質材料を目標に施工されていることから、 ρ_t は平均値が推定量として相応しいものとした場合、 V_s の $\pm 1\sigma$ のばらつきを考慮して、 G_0 の分布を

今後、8/21提出の別紙2-4の内容に合わせ差替え

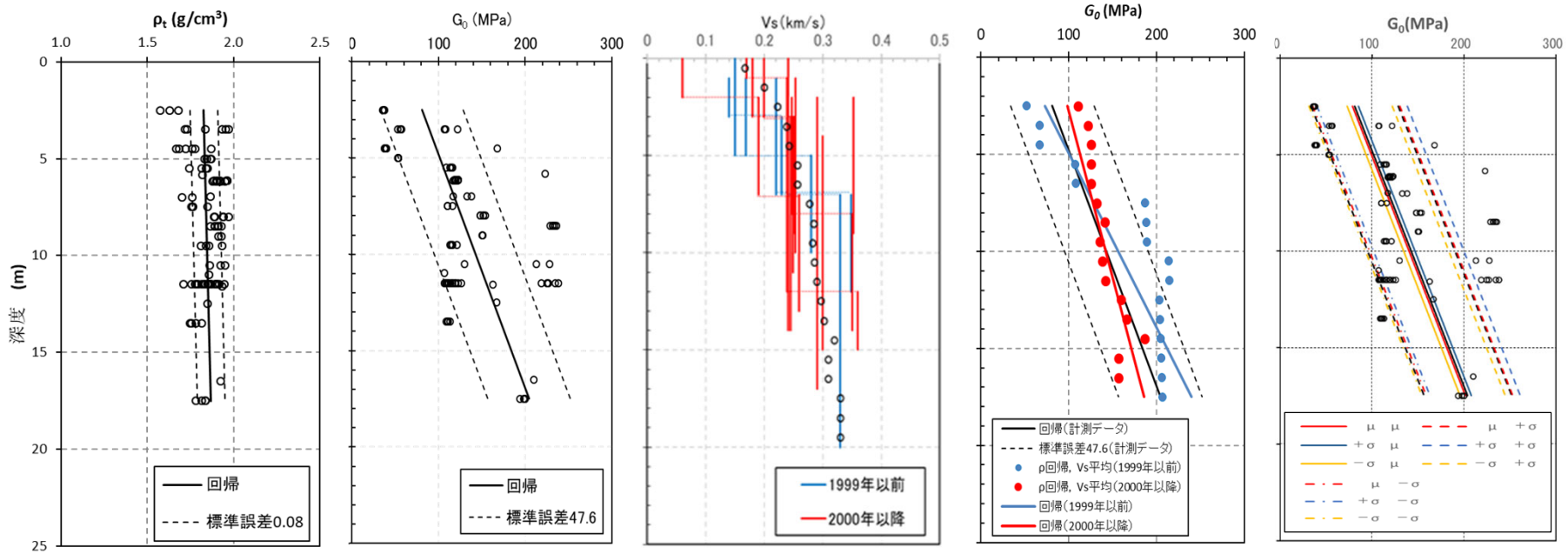


図5 湿潤密度 ρ_t 分布図

図6 動せん断弾性係数 G_0 分布図

図7 ボーリング孔の V_s 分布図

図8 V_s と ρ_t 回帰による G_0 分布図

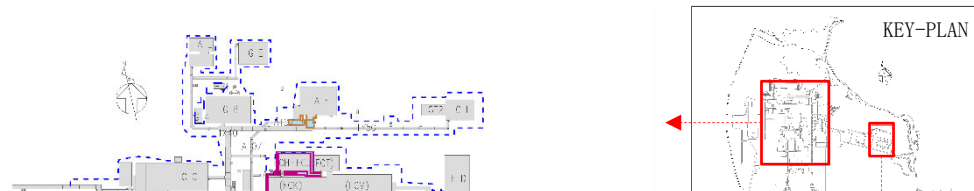
図9 G_0 回帰の比較図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：表層地盤の物性値（3/4）】

▶ 流動化処理土の施工状況・管理方法

- 再処理施設における流動化処理土は、図10のとおり分布している。
- 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、以下の一軸圧縮強度 q_u に応じて、一定の品質となるよう施工管理されていることを確認（図11及び12）。
- 第1グループ： $q_u = 0.3\text{MPa}$ 程度（一部 0.2MPa 程度設定あり）
- 第2グループ： $q_u = 0.6\text{MPa}$ 程度



今後、8/21提出の別紙2-4の内容に合わせ差替え

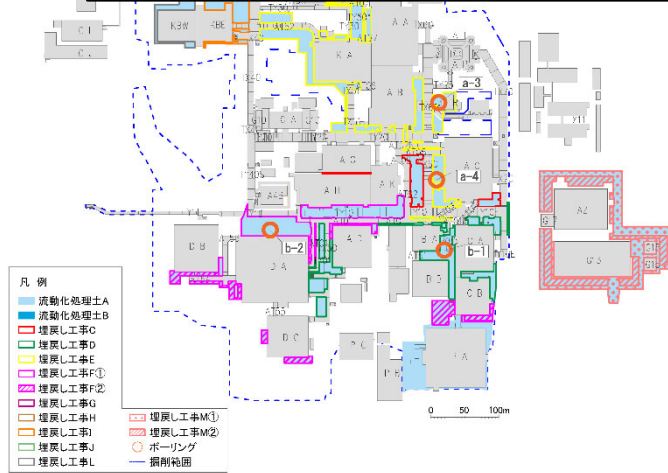


図10 流動化処理土の分布状況

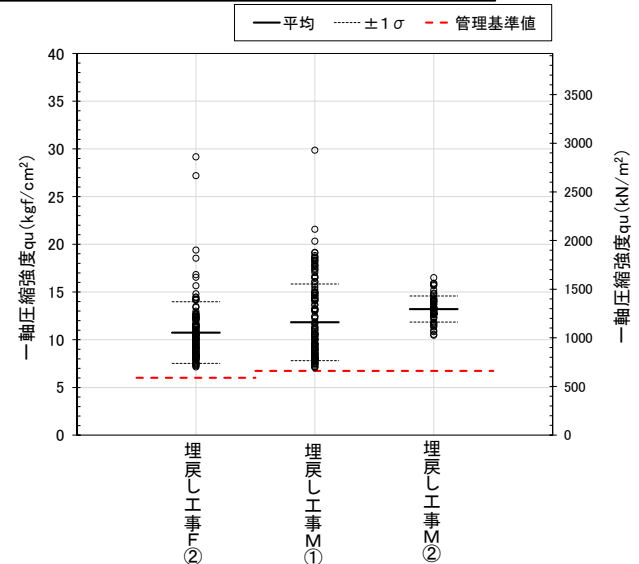
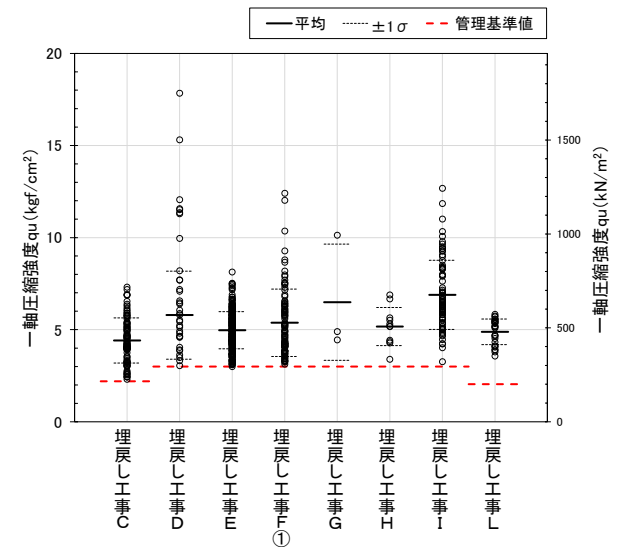


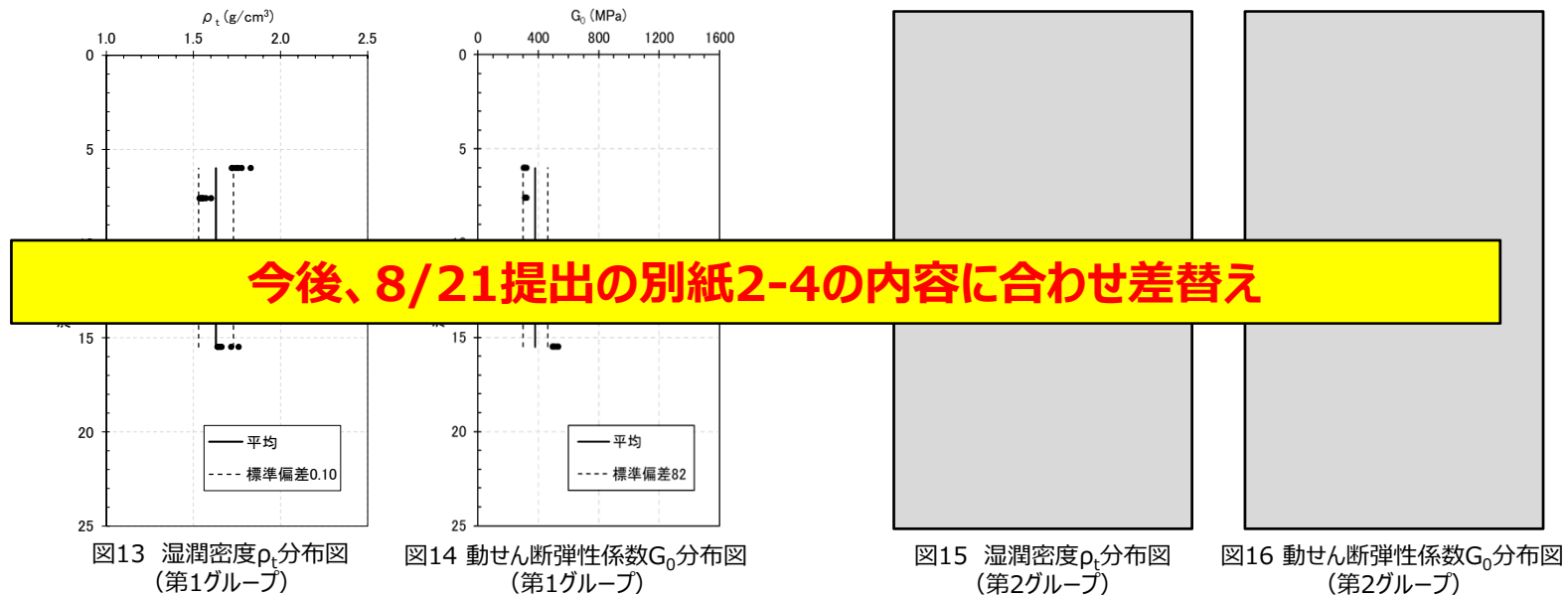
図12 施工管理記録（第2グループ）

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成：表層地盤の物性値（4/4）】

➤ 流動化処理土の物性値

- 第1グループ及び第2グループそれぞれにおいて設定した物性値を図13～図16に示す。
- 第1グループにおいては、図13及び図14ともに、物性値のばらつきは、 $\pm 1\sigma$ 程度となっている。
- また、深度方向において、剛性が高くなる傾向が見られるものの、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拘束圧依存による深度依存性は見られないと考えられることから、材料（セメント添加量、母材等）としてのばらつきと考へ、深度依存のない平均値として物性値を設定した。



➤ 表層地盤の物性値等の設定結果

- 人工材料である地盤（埋戻し土、流動化処理土）は、施工時期によらず、施工プロセスや品質管理条件が同等と確認できたことから、敷地内で得られたデータの平均値を用いる。
- 埋戻し土については、土質材料であることから、JEAG4601-2008に基づき、拘束圧の影響による深度依存性を考慮した物性値を設定した。
- 流動化処理土については、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拘束圧依存による深度依存性は見られないと考えられることから、深度依存の内平均値を設定した。
- 入力地震動には、表層地盤に埋め込まれているいずれの建屋に対しても表層地盤を考慮する。

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

【基本地盤モデルの作成】

■ 各因子の「基本地盤モデル」における設定の進捗状況

- 現時点における各因子の検討状況を示す。

因子	各因子の検討状況	ステータス
a.岩盤部分の物性値等	• 近接する建屋グループ(12Gr)ごとに、得られているデータ全てを用いて物性値を設定。	説明済み
b.岩盤部分の剛性の非線形性	• 岩盤部分の剛性の非線形性が入力地震動に及ぼす影響は小さいことから線形条件を設定。	説明済み
c.岩盤部分の減衰定数	• 繰返し三軸圧縮試験による評価を実施。(事業変更許可で整理済み) • 現時点におけるS波検層による減衰定数の評価を実施。 • 地震観測記録に対する複数の手法による評価を実施。 伝達関数のフィッティングによる検討(周波数一定、周波数依存(リニア型、バイリニア型)) 地震波干渉法による検討(中央地盤のみ)	継続検討
d.表層地盤の物性値等	• 施工記録、ボーリング調査による物性値の分析により敷地内で均一の物性値を用いることができることを確認。 • 埋戻し土及び流動化処理土に対し、物性値として平均値を設定。	説明済み

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

信頼性向上を目的とした追加調査の計画（①岩盤部分の減衰定数に係る調査）

■ 岩盤部分の減衰定数に係る調査の目的

- ・ 岩盤部分の減衰定数に係る評価の信頼性の向上を目的とした追加調査を実施する。

【各追加調査の考え方】

①ボーリング孔内減衰測定による検討

- ・ 現時点において、敷地内で得られているデータは3地点であること、また、東側地盤においてはばらつき大きいデータとなっていることから、3地点のデータに加え、各Grにおけるデータを追加取得する。
- ・ 得られたデータを用いて、測定結果にみられる周波数依存性の特徴を踏まえ、施設の固有振動数帯における減衰定数との関係性について考察を行う。

②岩石コアを用いた減衰測定

- ・ その他の評価または調査結果との整合性の確認を行うため、データを取得する。
- ・ 得られたデータを用いて、同じ物理的な意味合いをもつ三軸圧縮試験による評価結果（材料減衰）との整合性の確認を行う。

③常時微動の計測

- ・ 各種検討に用いる地震観測記録に対してノイズの影響を定量的に確認することで各種検討の信頼性を向上させる。



図1 岩盤部分の減衰定数に係る追加調査位置図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

信頼性向上を目的とした追加調査の計画（②表層地盤の物性値等に係る調査）

■ 表層地盤の物性値等に係る調査の目的

- 表層地盤の物性値等に係る評価の信頼性の向上を目的とした追加調査を実施する。

【追加調査の考え方】

① 埋め戻し土の物性調査

- 埋戻し土の表層物性値としての分布性状の把握（GL-20mまでの物性値の追加）
- 深度依存特性の確認，ばらつきの確認（施工年代別の考察）
- 設定した埋戻し土物性値の地盤モデルへの適用性を追記

今後、8/9提出の別紙2-4の内容に合わせ差替え

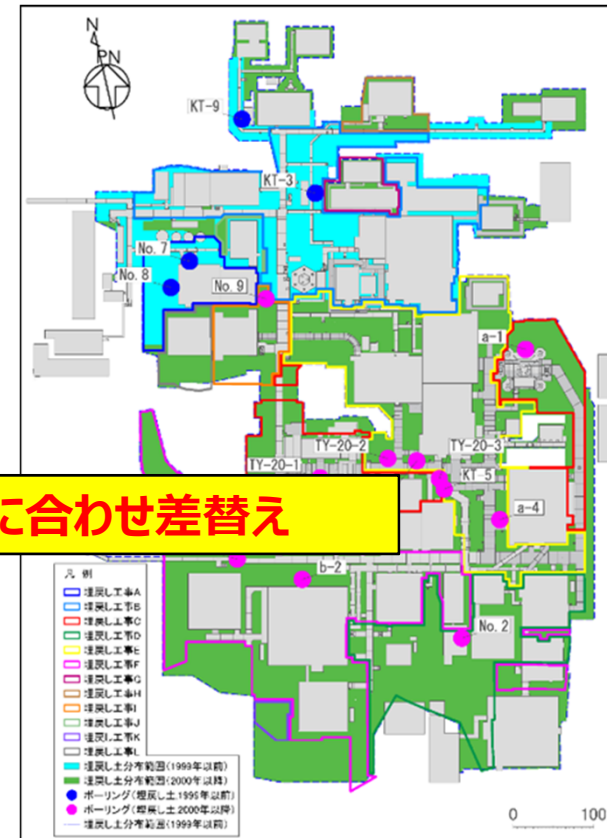


図2 表層地盤の物性値等に係る追加調査位置図

基準地震動に基づく入力地震動の策定（地盤モデル）

■今後の対応

- 基本地盤モデルにおける岩盤部分の減衰定数について、継続検討を実施する。
- 減衰定数に関する検討結果がまとまった時点で、「基本地盤モデル」の設定を行う。
- その上で、施設の耐震評価の扱いを以下のとおり検討していく。
 - ① 基本地盤モデルに基づく入力地震動の算定を行う
 - ② これまで当社は「申請地盤モデル」による入力地震動で施設耐震設計計算を行っているが、建屋基礎下での基本地盤モデルと申請地盤モデルによる入力地震動の応答スペクトルの比較、上部構造物の応答の特性を踏まえた検討などにより、これまでの計算結果の適用性について検討を行う。
 - ③ そのうえで、本件申請における施設耐震設計計算について、取り扱いを整理する。

■信頼性向上の取り組み

- 岩盤部分の減衰定数及び表層地盤に対しては、信頼性向上を目的とした追加調査を実施する。
- 上記の調査結果については、結果が得られた段階で適宜説明を行う。

記載について検討中

別図 近接する建屋のグルーピング

