

飛来物防護ネット架構の耐震評価（波及的影響評価）

## 杭の設計について：設計モデルの設定方針（1 / 2）

### 【目的】

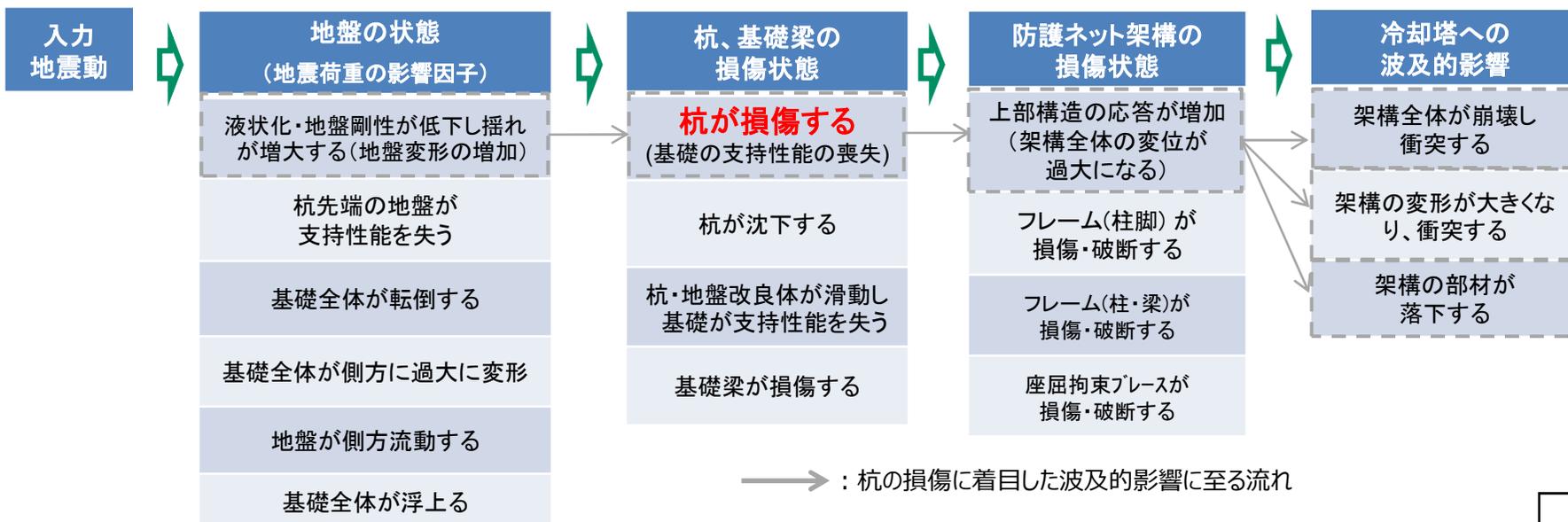
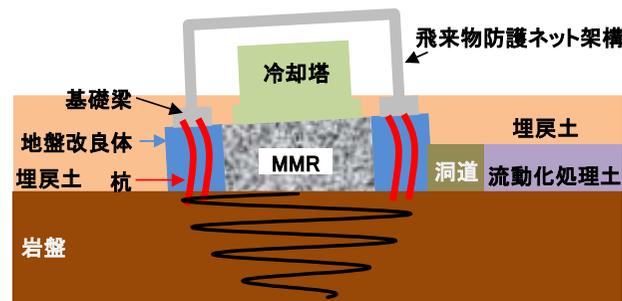
- 冷却塔へ波及的影響を与えない設計モデルを構築する。  
→ その流れは杭を例にして説明する。

### ■ 波及的影響を左右する因子

施設への**入力地震動が増大する**と地盤変形、上部架構の応答が増加し、それに伴って杭に生ずる地震荷重※が増え、「**杭の損傷**」へと至り、基礎の上部架構の支持性能が喪失し、冷却塔に波及的影響が及ぶ。  
※杭に生ずる地震荷重はP8「参考」中の赤字。



設計の保守性を確保するためには  
杭の設計に用いる  
「**地震荷重を大きくする**」  
必要がある。



## 杭の設計について：設計モデルの設定方針（2 / 2）

### ■ モデル作成の考え方

- 杭の設計に用いる地震荷重を大きくする要因として① **改良地盤への拘束効果の低下**、② **最大の地震荷重を与える液状化状態**を想定した設計モデルを作成する。P.3～6
- 設計モデルは**科学的合理性**も備えたモデルとする。P.7

### ■ モデルの妥当性の確認

設計の保守性を確保するため、設計モデルにより、

- ① 改良地盤への拘束効果の低下により保守的な結果を与えることを確認する。P.3
  - ② 最大の地震荷重を与える液状化を設定していることを確認する。P.4
- また、設計モデルが科学的合理性を備えていることを確認する。P.7

設計モデルの保守性、科学的合理性が確認できれば

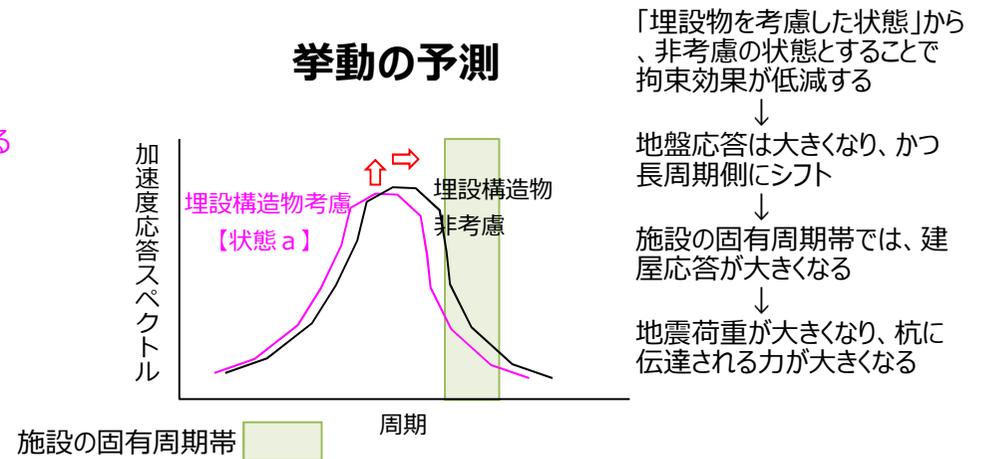
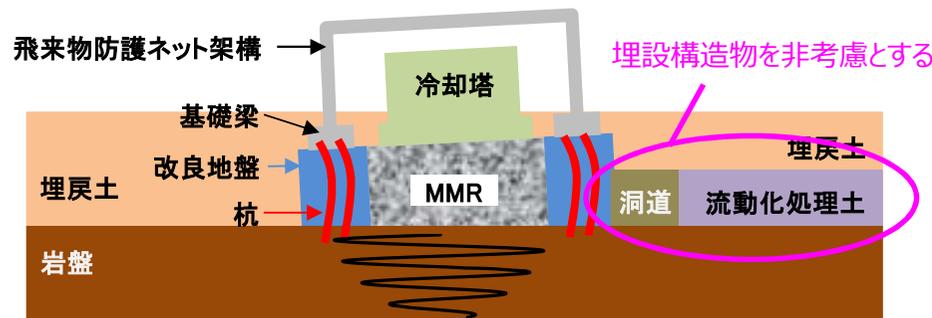
**設計モデルを用いて波及的影響の評価**を行うことが可能

# 杭の設計について：設計モデルの保守性の与え方

## 埋設構造物による拘束効果をなくすことによる保守性の確認

### ■ 目的

- 埋設構造物による拘束効果が地震荷重を小さくすると考えられることから、設計モデルでは埋設構造物を非考慮とし、**保守性**を与える。
- **上記の影響は、**設計モデルと検証用モデルの比較により確認する。



応答値比較表（イメージ）

検討ケース (Ss-A, Ss-C1波)	モデル	A)せん断力 (上部架構)	B)付加曲げ (上部架構)	C)加速度 (基礎・上部架構)	D)変位 (改良地盤)
埋設構造物を非考慮	設計モデル	最大(最小)	最大(最小)	最大(最小)	最大(最小)
状態 a (埋設構造物による拘束効果あり)	検証用モデル	最小(最大)	最小(最大)	最小(最大)	最小(最大)

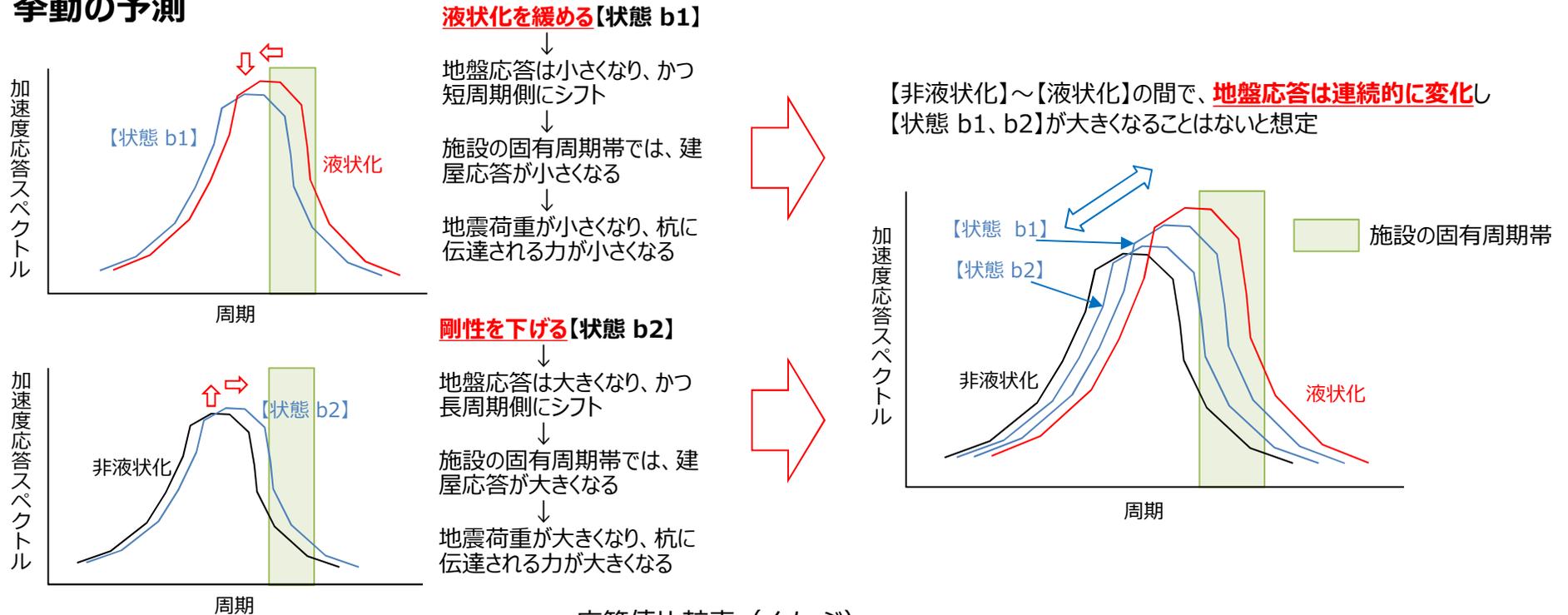
# 杭の設計について：設計モデルの保守性の与え方

## 非液状化～液状化の中間的な状態の応答が最大とならないことの確認

### ■ 目的

地盤の剛性変化に伴う拘束効果により地震応答は【非液状化】で最小、【液状化】で最大となると考えられる。ここでは、非液状化/液状化の【中間状態】において、地震荷重が最大とならないことを確認する。

### 挙動の予測



応答値比較表（イメージ）

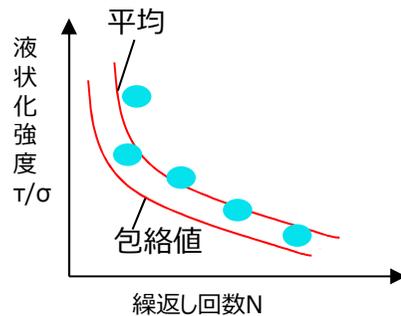
検討ケース (Ss-A、Ss-C1波)	モデル	A)せん断力 (上部架構)	B)付加曲げ (上部架構)	C)加速度 (基礎・上部架構)	D)変位 (改良地盤)
液状化	設計モデル	最大(最小)	最大(最小)	最大(最小)	最大(最小)
状態 b1 (液状化を緩めた状態)	設計モデル	中間に収まることを確認			
状態 b2 (剛性が低下した状態)	設計モデル				
非液状化	設計モデル	最小(最大)	最小(最大)	最小(最大)	最小(最大)

# 杭の設計について：設計モデルの保守性の与え方

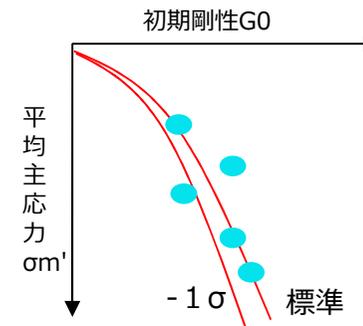
## P3、4の確認における検討ケースとパラメータ

液状化状態		液状化	状態 a	状態 b1	状態 b2	非液状化
地盤物性		標準地盤			-1σ地盤 (ほんのわずかな液状化状態を模擬)	標準地盤
液状化強度曲線		包絡値 (液状化しやすい状態)		平均値 (包絡値より液状化しにくい状態)	-	-
解析手法		有効応力解析			全応力解析	
解析モデル		設計モデル (NS断面)	検証用モデル (NS断面)	設計モデル (NS断面)		
地震動	Ss-A	○	○	○	○	○
	Ss-C1	○	○	○	○	○

※Ss-Aについては全周期帯にわたって大きな加速度を有し、継続時間が長いことからより液状化を促進すると考えられ、Ss-C1については大きな加速度がパルス的に生じることから施設へ与える影響が大きいものと考え、暫定的に用いる。



液状化強度曲線の設定イメージ

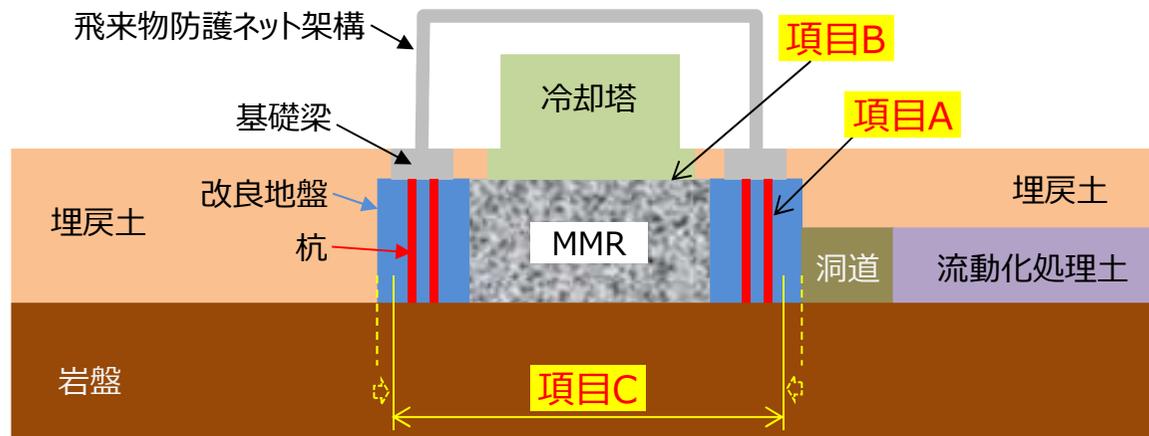


埋戻土の地盤物性の設定イメージ

## 杭の設計について：設計モデルの保守性の与え方

設計モデルの保守性を確保するため、その他の以下の点を設定する。

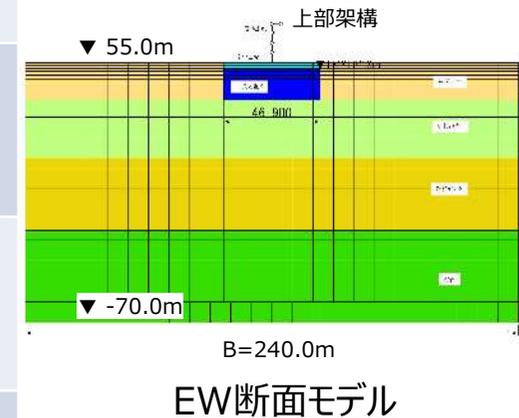
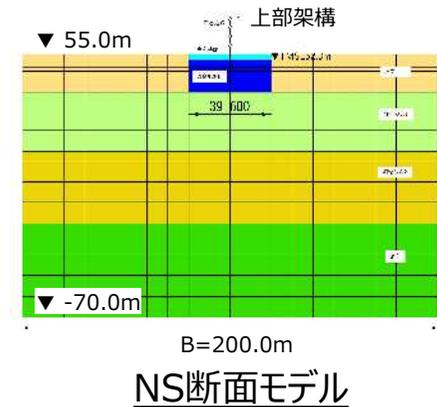
項目	モデル化で考慮する点	効果
A	杭をモデル化しない → 杭を無視し、剛性の低いモデル化	拘束効果が低下し、地震荷重が大きくなる
B	MMRをモデル化しない端部断面を採用 → 剛性の低い改良地盤としてモデル化	
C	改良地盤の幅を基礎梁に合わせる	改良地盤の「高さ/幅」が小さくなることでロッキング挙動が起きやすくなり、地震荷重が大きくなる



## 杭の設計について：設計モデルの科学的合理性のある設定の考え方

解析モデルは、前述以外にも、設計モデルの保守性を確保するため、以下の点を設定する。

モデル設定	設定の科学的合理性の説明
メッシュサイズ	深さ方向のメッシュ分割は、上部構造の固有振動数を適切に評価できるように、表層地盤で最大2.0mとする。
モデル幅	モデル境界からの影響を低減するため施設の5倍以上とする。
モデル高さ	基準地震動の入力位置である解放基盤面(T.M.S.L.-70.0m)～地表面(T.M.S.L.55.0m)をモデル化対象とする。
検討断面	施設のNS/EW各方向の幅の相違による地震応答の影響を適切に評価するため、NS/EWの2断面をモデル化対象とする。
上部架構	上部架構の振動特性を一体で評価するため、質点系をモデルに考慮する。ここで、柱・梁フレーム部は線形梁要素、座屈拘束ブレースは非線形バネ要素とする。
接触剥離要素	基礎と埋戻土の境界面に対し、接触剥離は設けない。境界面が非常に狭いこと、液状化時は剛性がほぼゼロとなることから、影響は小さいと判断する。
モデル寸法	メッシュサイズ(2.0m)以下の形状はモデルに反映しない。実際の形状と実状とわずかに差異はあるが、影響は小さいと判断する。



# 杭の設計について：参考

内容		設計モデル	検証用モデル
解析モデル			
保守性を付与	地中部拘束効果	洞道、流動化処理土を考慮しない	洞道・流動化処理土を考慮する
	杭	モデル化しない	モデルに考慮
	改良地盤幅	基礎梁と同幅でモデル化（実寸より小さい）	実寸でモデル化
	MMR	考慮しない	実情に合わせて考慮
モデルの合理性 確認項目	保証する周波数	13Hz以下（メッシュ数：約500）	20Hz以下（メッシュ数：約10,000）
	上部構造	考慮する（1軸モデルのみ）	考慮する（1軸モデル、門型モデル）
	検討断面	2断面（NS断面、EW断面）	4断面（NS・EW断面 × 中央・端部）
	接触剥離	考慮しない	考慮する
	モデル寸法	・周辺地盤のうち粗粒砂岩（厚さ0.37m）を考慮しない ・基礎高さは地盤高さに合わせる(T.M.S.L.55.0m)	・周辺地盤のうち粗粒砂岩（厚さ0.37m）を考慮する ・基礎高さは実際の高さ（T.M.S.L.55.3m）

設計モデルの保守性・科学的合理性を定量的に確認するため、検証用モデルと比較（左表）

杭の設計の基となる地震荷重（右図の赤字）で「設計モデル≧検証用モデル」を確認し、保守性を判断する

