資料１

柏崎刈羽原子力発電所第6号機
設計及び工事計画認可申請に係る説明について
（杭の損傷に関する追加調査について）

2022年11月21日
東京電力ホールディングス株式会社

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

本日のご説明内容

➢ 設計及び工事計画認可申請に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	2022年10月20日 第1082回　審査会合	【大物搬入建屋　杭の損傷要因について】 柏崎刈羽原子力発電所において現在実施されている、6号機大物搬入建屋以外の他号機も対象とした、杭基礎構造物周辺の調査等について、当該調査結果を説明すること。その際は、本会合は6号機の設工認の審査会合であることから、6号機に関する調査結果を中心に、それ以外の号機に関する調査結果も分かるように説明をすること。また、追加調査において、今回説明のあった類似事案がもれなく抽出されているかについて、調査対象の網羅性や調査プロセスも含めて説明すること。

■ 回答

6号機大物搬入建屋以外の他号機も対象とした、杭基礎構造物周辺の調査等について、 6号機に関する調査結果を中心に、調査対象の網羅性及び調査プロセスを含めて、本資料により説明する。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

目 次

1．杭の損傷に関する追加調査実施の経緯

2．建設残置物の追加調査
2.1．調査対象施設の選定
2.1.1．調査対象施設の選定方法
2.1.2．調査対象施設の選定結果

2.2．追加調査方法および調査結果
2.2.1．建設残置物の追加調査方法
2.2.2．建設残置物の追加調査結果
2.2.3．5号機フィルタベント基礎　調査状況
2.2.4．6号機フィルタベント基礎　調査結果
2.2.5．7号機フィルタベント基礎　調査結果

3．4号機大物搬入建屋の調査

4．追加調査のまとめ

5．一連の追加調査を踏まえた設計上の対応について

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

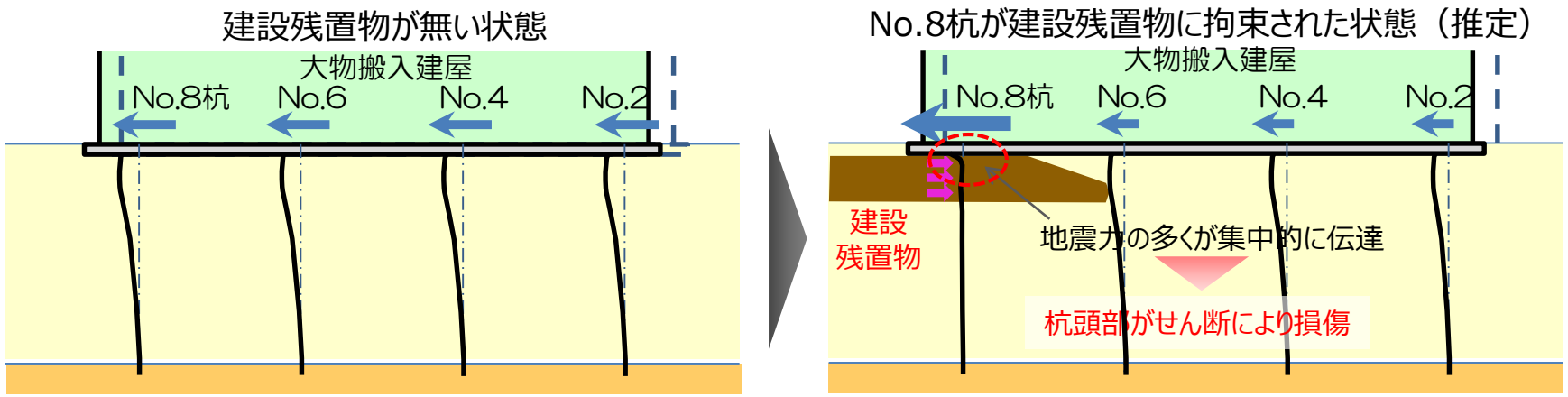
1. 杭の損傷に関する追加調査実施の経緯（1/2）

（1）6号機大物搬入建屋の杭損傷事象

- 6号機大物搬入建屋は、新規制基準を踏まえた安全対策として、原子炉建屋と同等のＳクラスとする耐震強化工事を実施。2021年7月、当該工事において、隅杭（No.8杭）に損傷を確認、その後の調査により、隅杭（No.8杭）と隣接杭（No.6杭）に損傷が集中していることが判明。
- 以降、損傷原因究明のため、詳細調査を開始。

（2）6号機大物搬入建屋の調査結果まとめ

- 詳細調査の結果、6号機大物搬入建屋の杭損傷要因は、建設残置物である地中の大型クレーン用セメント改良土が杭に干渉しているという状況のもとで、新潟県中越沖地震による地震力が作用したことによるものであると推定。



6号機大物搬入建屋　地震力伝達イメージ図

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

1. 杭の損傷に関する追加調査実施の経緯（2/2）

（3）追加調査実施の経緯

- 6号機大物搬入建屋の杭の損傷は、設計で考慮していない建設残置物（セメント改良土）が杭を拘束している状況のもとで、新潟県中越沖地震による地震力が作用したという特異な要因によるものであり、上物・基礎部に異常がなく、かつ建設残置物の影響を受けていない杭支持構造物においては、当該事象のような耐震性能に影響のある損傷はないと考える。

追加調査1　建設残置物の調査

- 6号機大物搬入建屋と同様にセメント改良土等の建設残置物が杭に干渉していないか確認するため、主要な杭支持構造物を対象に追加調査を実施。

追加調査2　4号機大物搬入建屋の調査

- 上物・基礎部に異常がなく、かつ建設残置物の影響を受けていない杭支持構造物においては、6号機大物搬入建屋のような耐震性に影響のある損傷はないという当社の考えをより確かなものにするため、同種構造であり、新潟県中越沖地震において地震影響の大きかった荒浜側に立地している4号機大物搬入建屋（上物・基礎部に異常なし、建設残置物の影響なし）を対象に追加調査を実施。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.1.1. 調査対象施設の選定方法（1/2）

➢ 調査対象施設は、発電所構内の建物・構築物及び土木構造物のうち、主要な杭支持構造物を抽出し、このうち杭に接する地盤改良を実施していないものとする。

【主要な杭支持構造物】

主要な杭支持構造物とは、耐震上の重要性を考慮し基準地震動Ssによる耐震評価が要求される施設を対象とする。具体的には、設計基準対象施設のうち耐震重要施設、耐震重要施設の間接支持構造物及び波及的影響を考慮すべき施設、並びに重大事故等対処施設※、重大事故等対処施設※の間接支持構造物及び波及的影響を考慮すべき施設とし、（1）～（3）の条件により選定。

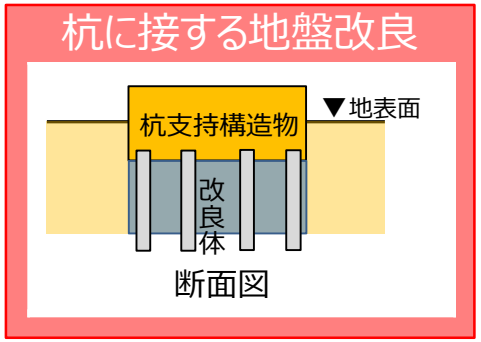
（1）7号機：7号機設計及び工事の計画の認可「Ｖ-2-1-4耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に記載の杭支持構造物を選定。

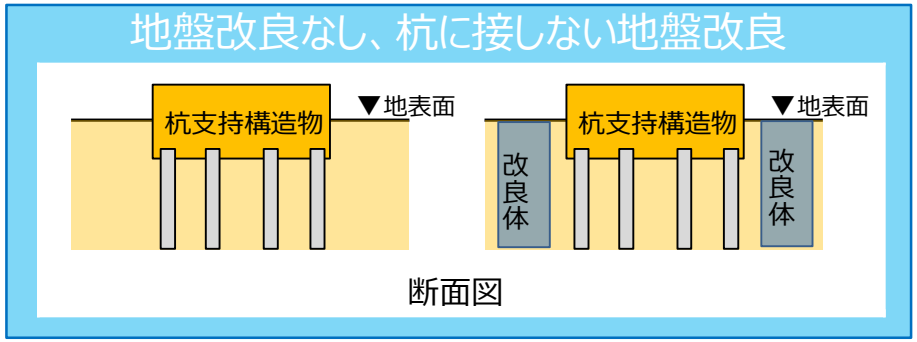
（2）6号機：6号及び7号炉の新規制基準適合性に係る発電用原子炉設置変更許可申請書（平成29年12月27日付け，原規規発第1712272号をもって設置変更許可）及び（1）を参考に新規制基準後の補正申請時の耐震重要度分類を想定し杭支持構造物を選定。

（3）1～5号機：（1）を参考に新規制基準後の変更申請時の耐震重要度分類を想定し杭支持構造物を選定。

【杭に接する地盤改良】

杭に接する地盤改良とは、基礎スラブ直下を地盤改良し、その部分に杭を打設したものを示す。





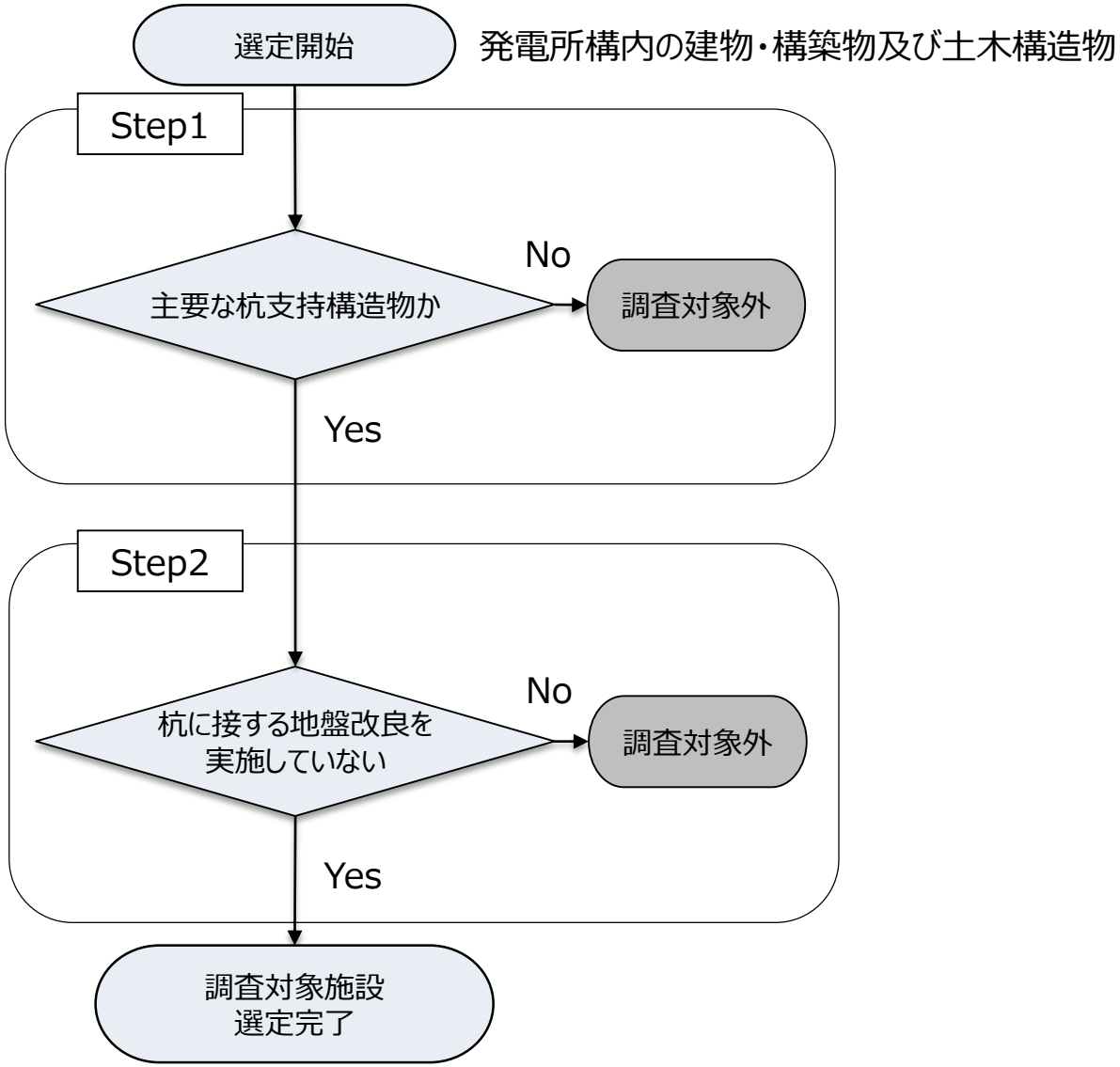
※重大事故等対処施設は基準地震動Ssによる耐震評価が要求される施設を対象とし，常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）（当該設備が属する耐震重要度分類がBクラス又はCクラスのもの）は除く。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.1.1. 調査対象施設の選定方法（2/2）

➢ 調査対象施設を以下のフローに基づき選定。



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2.1.2. 調査対象施設の選定結果（1/2）

➢ 主要な杭支持構造物のうち、杭に接する地盤改良を実施していない施設を調査対象とする。

No.	施設名称	Step1 主要な杭支持構造物 ○：該当、－：該当しない			Step2 地盤改良の有無	調査対象 ○：対象、－：対象外
		（1）7号機	（2）6号機	（3）1～5号機		
1	4号機大物搬入建屋	－	－	○	なし	追加調査2で掘削により確認のため対象外
2	6号機大物搬入建屋	－	○	－	なし	基礎下掘削により確認済みのため対象外
3	7号機大物搬入建屋	○	－	－	あり	－
4	1/2号機主排気筒	－	－	○	あり	－
5	3号機主排気筒	－	－	○	あり	－
6	4号機主排気筒	－	－	○	あり	－
7	5号機主排気筒※1	－	－	○	あり	－
8	4号機非常用ガス処理系配管ダクト	－	－	○	あり	－
9	5号機非常用ガス処理系配管ダクト	－	－	○	あり	－
10	6号機軽油タンク基礎	○	○	－	なし	○
11	6号機燃料移送系配管ダクト	－	○	－	あり	－
12	7号機軽油タンク基礎	○	○	－	なし	○
13	7号機燃料移送系配管ダクト	○	－	－	あり	－
14	固体廃棄物貯蔵施設※2	○	○	○	なし	○
15	使用済燃料輸送容器保管建屋※2	○	○	○	あり	－
16	焼却炉建屋（荒浜側）※2	－	－	○	なし	○
17	焼却炉建屋（大湊側）※2	○	○	○	なし	○
18	ランドリ建屋（荒浜側）※2	－	－	○	なし	○
19	5号機フィルタベント基礎※1	－	－	○	なし	○
20	6号機フィルタベント基礎	－	○	－	なし	○
21	7号機フィルタベント基礎	○	－	－	なし	○
22	D/Dポンプ建屋（荒浜側）※2	－	－	○	なし	○
23	D/Dポンプ建屋（大湊側）※2	○	○	○	なし	○
24	常設代替交流電源設備基礎	○	○	－	あり	－

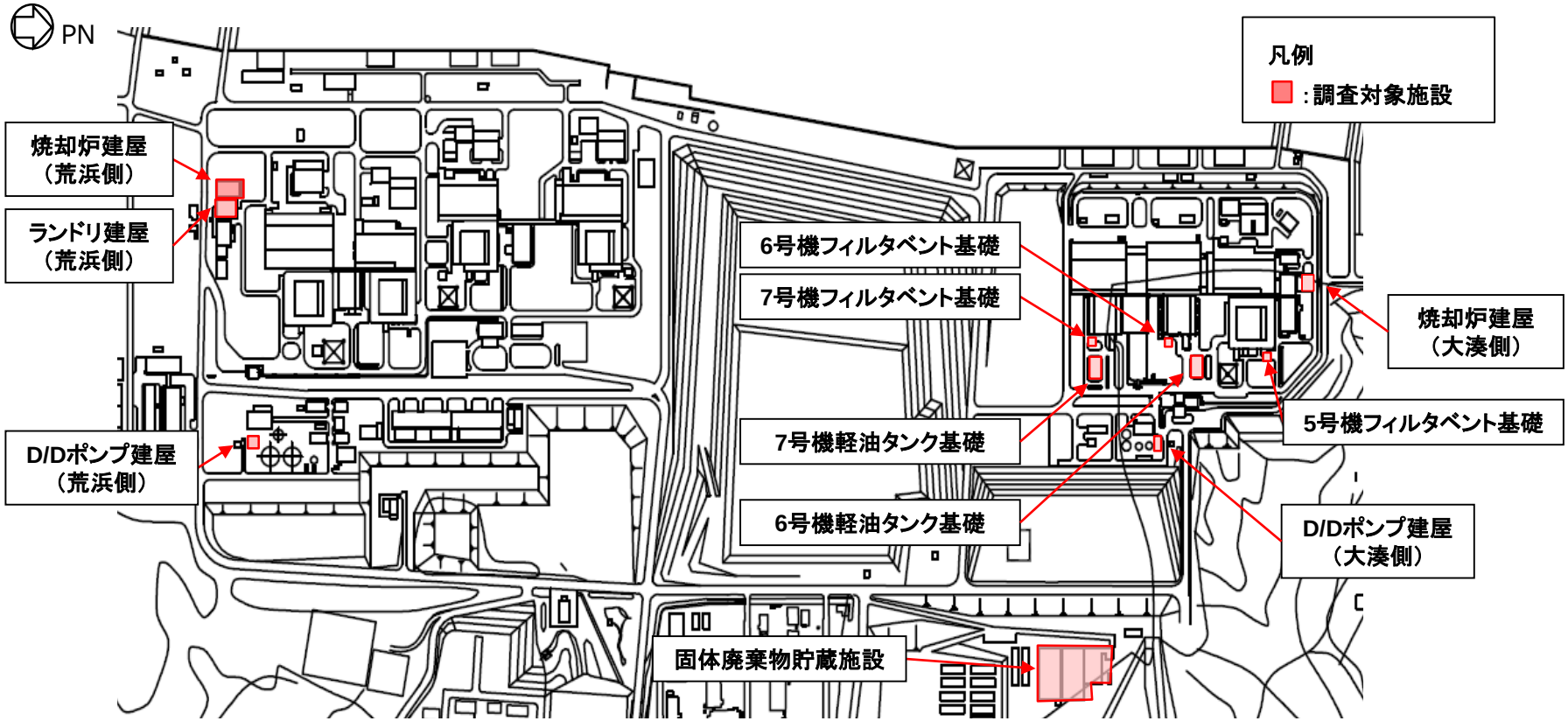
※1 No.7、No.19の施設については、7号機設工認において、波及的影響を考慮すべき施設の下位クラス施設として評価している。
※2 6号機大物搬入建屋と同様の建屋構造であり，同種の杭構造の施設（No.14～18,22,23）も本調査に併せて実施することから、対象施設として記載。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.1.2. 調査対象施設の選定結果（2/2）

➢ 選定した調査対象施設の配置図を、以下に示す。



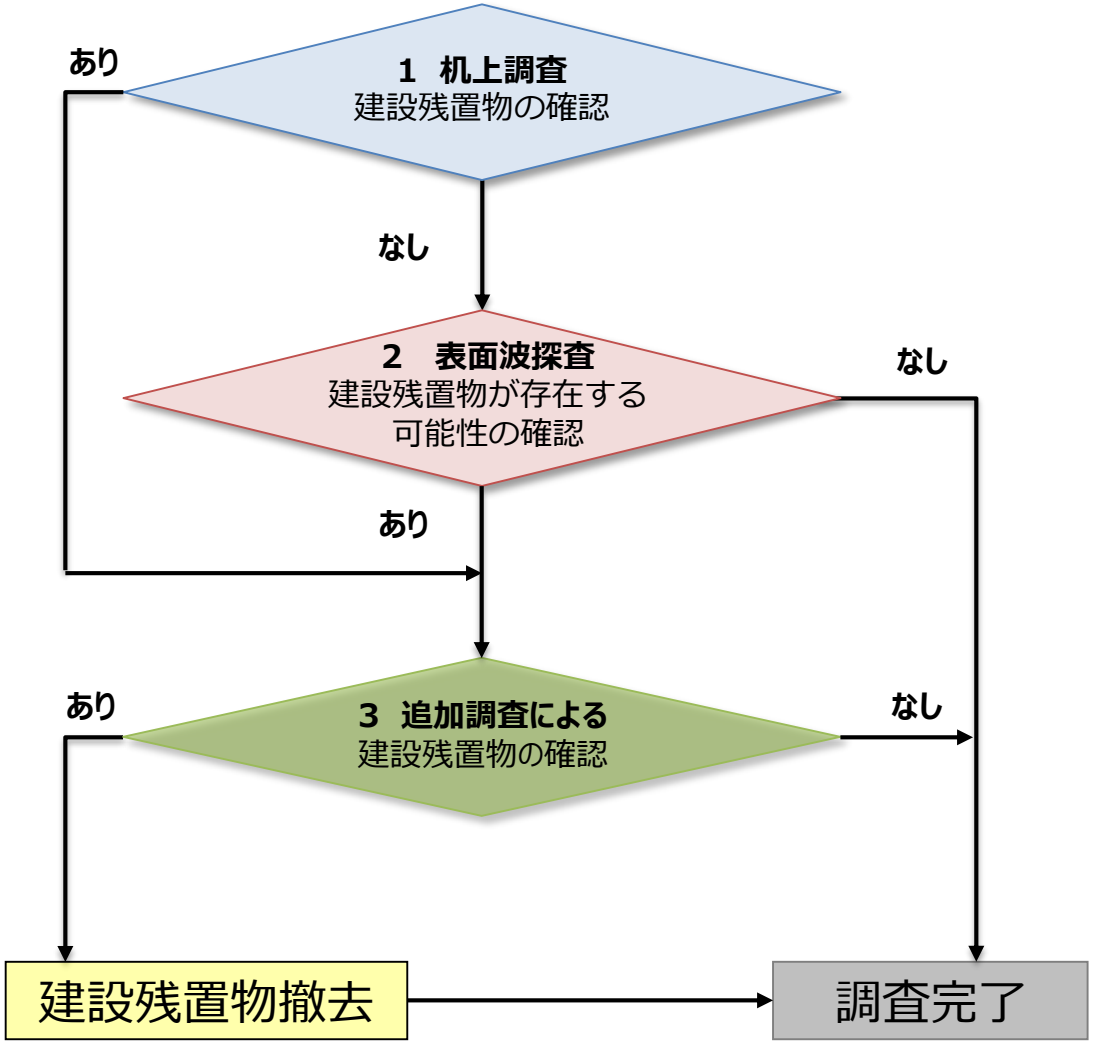
調査対象施設　配置図

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.2.1. 建設残置物の追加調査方法

➢ 選定した調査対象施設に対し、以下フローに従い、建設残置物の調査を実施。



【1 机上調査による確認】

以下の資料により、建設残置物の有無を確認

■建設残置物に関する記録
・建設仮設計画書、撤去計画書、施工写真等

■建物・構築物等に関する記録
・設計図書、地盤調査報告書、工事記録、施工結果報告書、施工写真等

■聞き取り調査による確認
・今回の調査に当たり、当社・協力会社における当時の工事関係者を対象として、建設残置物に関する聞き取りを実施

【2 表面波探査による確認】

表面波探査の結果について、以下の要領により、建設残置物の有無の可能性を確認

■建設残置物が存在する可能性がない
①硬いものを示すデータがない場合
②硬いものを示すデータがあるが、隣接構造物や安全対策工事で実施した地盤改良体による影響であると判断できる場合

■建設残置物が存在する可能性がある
③硬いものを示すデータがあり、工事記録等により、建設残置物ではないと判断できない場合

【3 追加調査による確認】

ボーリング調査、または基礎下掘削調査により建設残置物の有無を確認する。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.2.2. 建設残置物の追加調査結果（1/2）

- 調査結果を以下に示す。
  - ✓ 5号機フィルタベント基礎以外の調査は完了
  - ✓ 6号機フィルタベント基礎において、基礎下掘削調査の結果、建設残置物が杭に干渉していることを確認した。杭に干渉する部分の建設残置物は撤去済み。
  - ✓ 7号機フィルタベント基礎において、追加ボーリング調査の結果、建設残置物は確認されなかった。

No.※1	調査対象施設	1 机上調査 建設残置物の有無	2 表面波探査 建設残置物が存在する可能性の有無※2	3 追加調査 建設残置物の確認	建設残置物 確認結果
19	5号機フィルタベント基礎	なし	**あり（③）**	要	**調査中**
20	6号機フィルタベント基礎	**あり**	–	基礎下掘削調査 （実施済）	**あり （撤去済）**
21	7号機フィルタベント基礎	なし	**あり（③）**	追加ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ調査 （実施済）	なし
10	6号機軽油タンク基礎	なし	なし（②）	–	なし
12	7号機軽油タンク基礎	なし	なし（②）		
14	固体廃棄物貯蔵施設	なし	なし（②）		
16	焼却炉建屋（荒浜側）	なし	なし（①）		
17	焼却炉建屋（大湊側）	なし	なし（②）		
18	ランドリ建屋（荒浜側）	なし	なし（①）		
22	D/Dポンプ建屋（荒浜側）	なし	なし（①）		
23	D/Dポンプ建屋（大湊側）	なし	なし（①）		

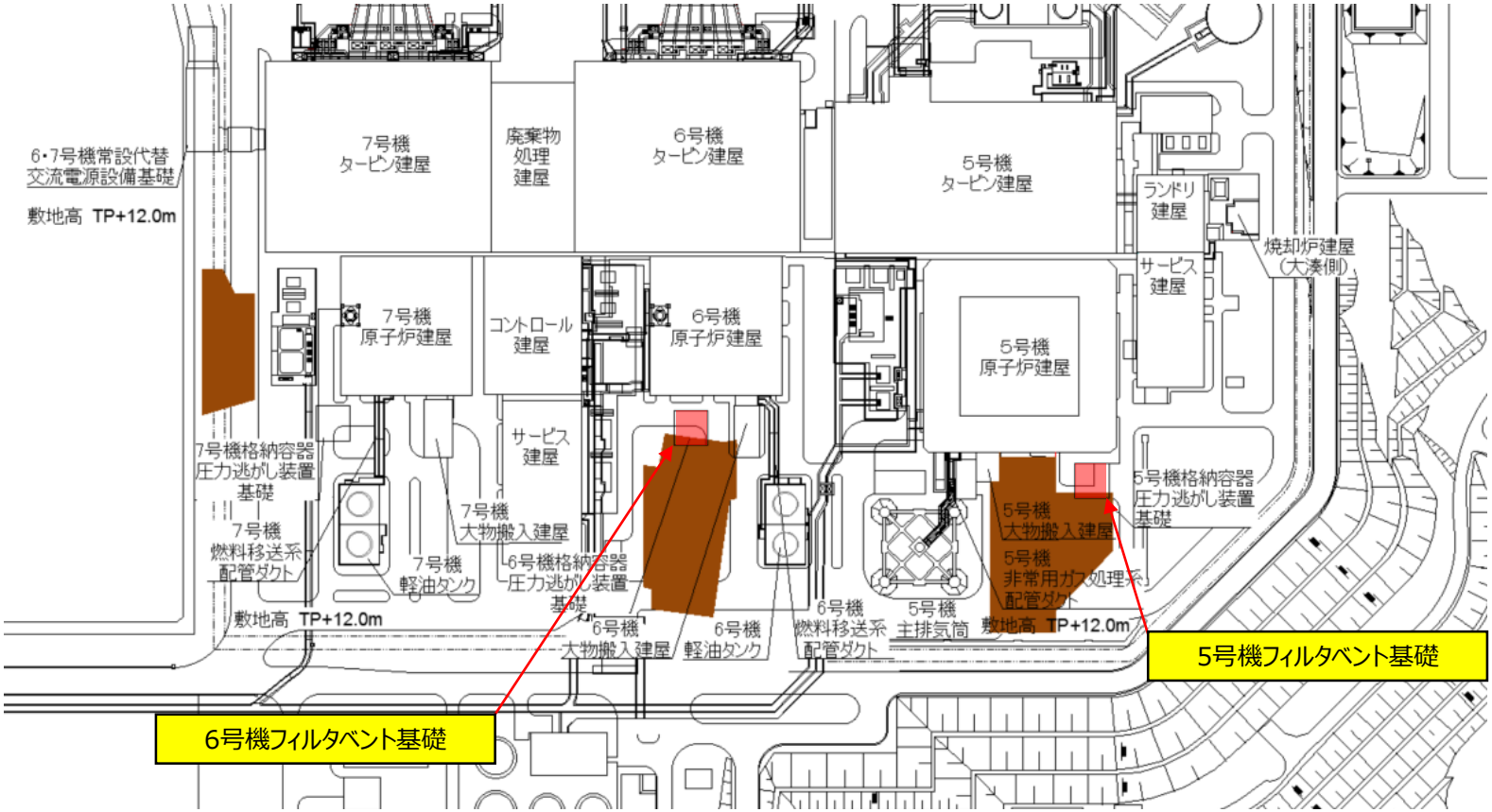
※1　P.7と同様　　※2　括弧内の数字は、P.9の【2　表面波探査による確認】の分類に対応

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.2.2. 建設残置物の追加調査結果（2/2）

- 主要な杭支持構造物に対し、建設残置物の調査を行った結果、5号機フィルタベント基礎及び6号機フィルタベント基礎において、建設残置物のうち設計で考慮していない地中の大型クレーン用セメント改良土が杭に干渉している可能性があるものとして抽出された。
- 以下に、5号機フィルタベント基礎、6号機フィルタベント基礎とセメント改良土の配置を示す。
- なお、7号機南側にもセメント改良土が存在するものの、調査対象施設との干渉はない。



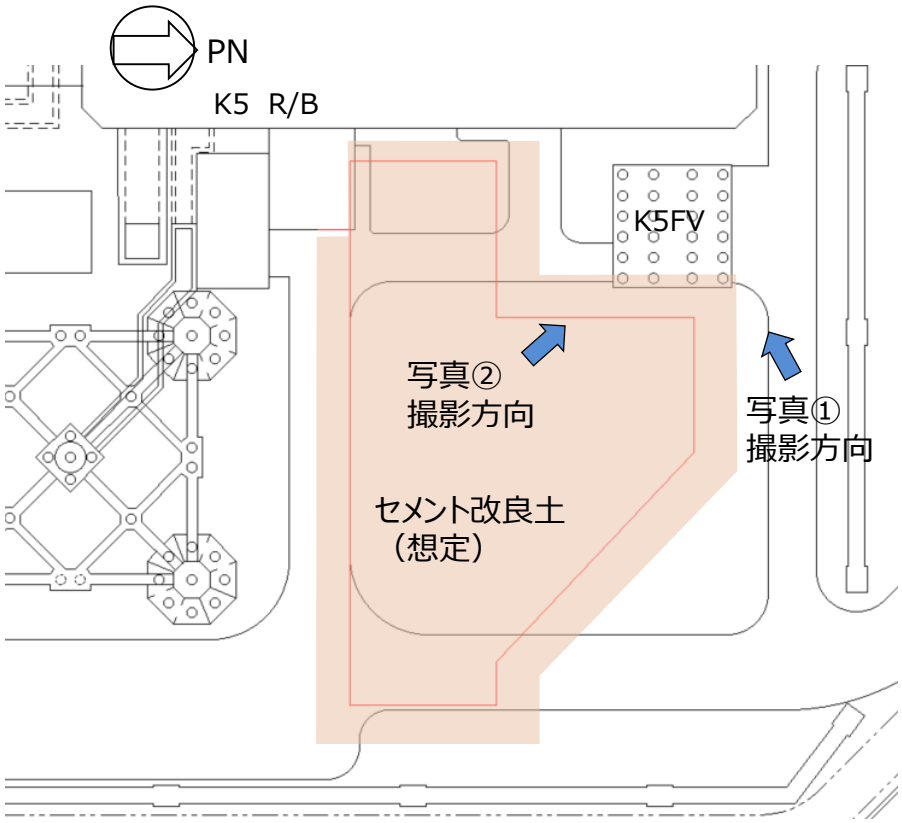
凡例 ■ ：建設残置物（セメント改良土）

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.2.3. 5号機フィルタベント基礎　調査状況

- 5号機フィルタベント基礎と建設残置物（セメント改良土）の計画範囲との位置関係を図示。
- 掘削調査を行い、セメント改良土と杭との干渉の有無を確認する。セメント改良土と杭とが干渉している場合には、干渉範囲のセメント改良土の撤去を実施予定。
- なお、現時点で5号機フィルタベント基礎は重要設備を内包していない。



写真①

写真②

凡例

：建設残置物（セメント改良土）計画範囲

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

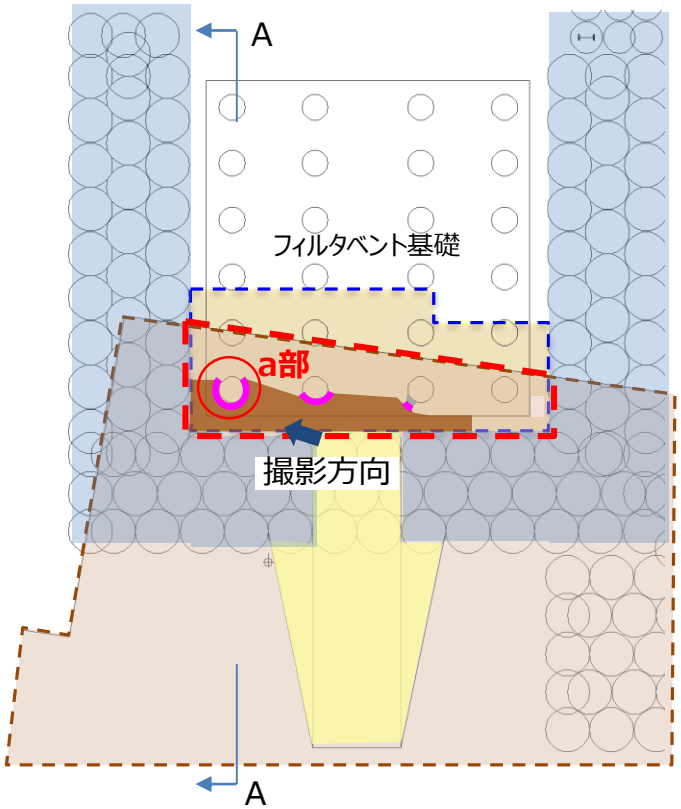
TEPCO

2.2.4. 6号機フィルタベント基礎　調査結果

- 6号機フィルタベント基礎の杭と建設残置物が干渉する可能性のある範囲を掘削し、目視確認を実施。
- 掘削調査の結果、6号機フィルタベント基礎の手前側で確認した建設残置物が東側の3本の杭に接していることを確認。
- 確認された杭周辺の建設残置物（セメント改良土）については、既に撤去済み。

PN

6号機フィルタベント基礎平面図

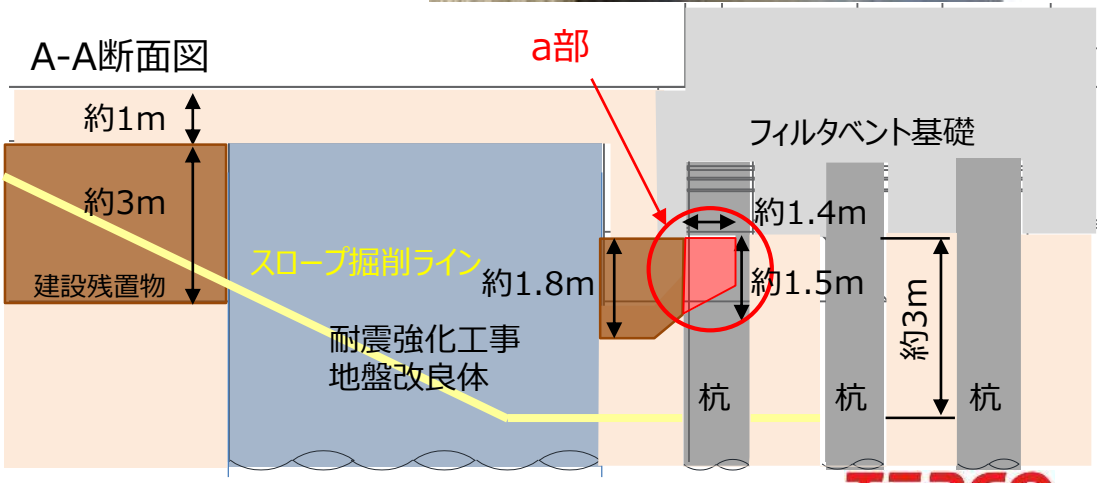


（凡例）

- ：建設残置物計画範囲
- ：今回取り除いた建設残置物
- ：砂質土
- ：掘削調査計画範囲
- ：掘削済み範囲
- ：耐震強化工事地盤改良体
- ：場所打ち鋼管コンクリート杭
- ：建設残置物杭干渉位置

a部写真

A-A断面図



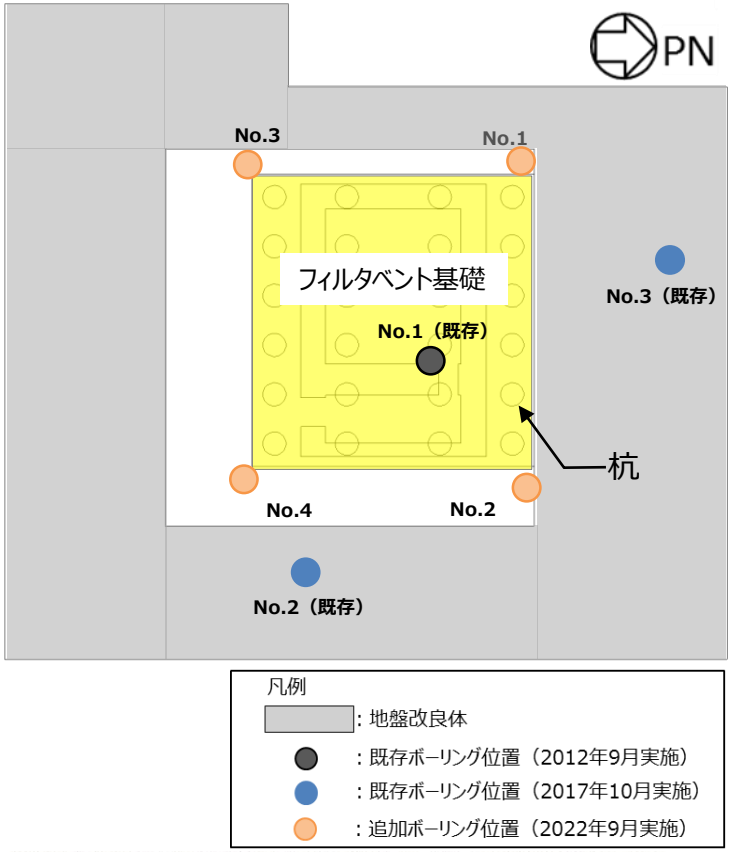
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

2.2.5. 7号機フィルタベント基礎　調査結果

- 7号機フィルタベント基礎周辺の表面波探査を実施した結果、硬いものを示すデータを確認。
- 既存のボーリング調査結果において、建設残置物は確認されていないが、調査数が少ないため、建設残置物が存在する可能性を否定できない。よって、追加ボーリング調査を実施。
- 追加ボーリング調査の結果、6号機フィルタベントで見られたような建設残置物は確認されず、表面波探査で確認されたデータは、周囲の安全対策工事で実施した地盤改良体の影響によるものと判断。

埋設物探査と追加ボーリング調査位置図



ボーリング調査による建設残置物の確認結果

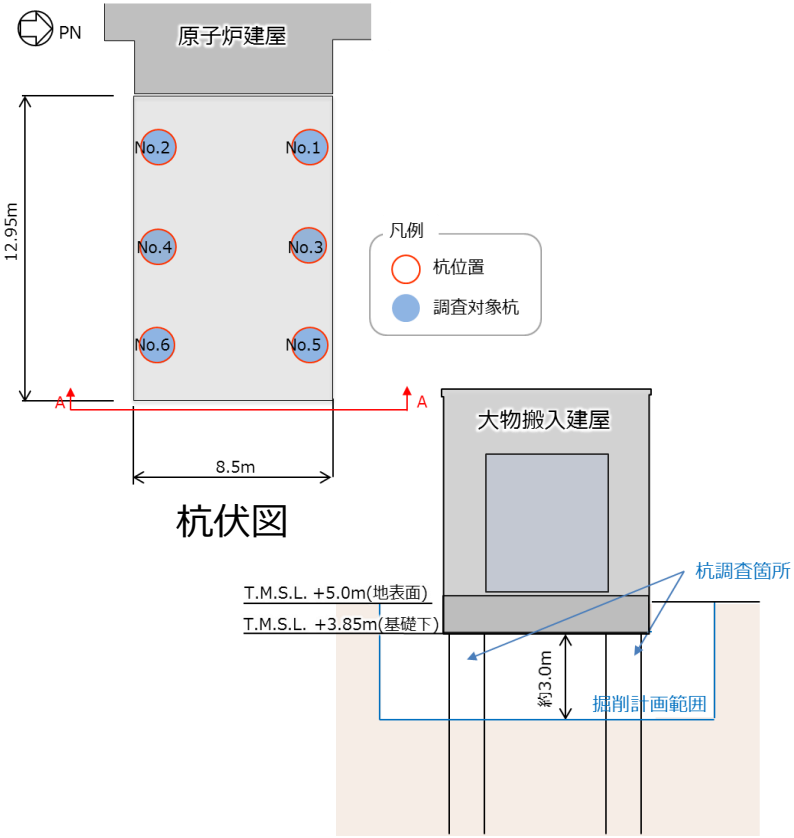
ボーリング No.	追加ボーリングによる地中埋設物の有無	建設残置物の確認結果
No.1（既存）	なし	なし
No.2（既存）	なし	なし
No.3（既存）	なし	なし
No.1	なし	なし
No.2	なし	なし
No.3	なし	なし
No.4	なし	なし

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

3. 4号機大物搬入建屋の調査（1/2）

- 基礎スラブ下約3mまで掘削し、杭の外観目視によるひび割れ等の調査を実施。
- 調査の結果、6本全ての杭で、幅1mm未満のひび割れが確認されたものの、杭としての支持性能に大きな支障となる損傷はなく、耐震性能に影響がない状態であることを確認。
- なお、杭下部については非破壊試験（衝撃弾性波反射法）を実施し、健全性を確認。



杭伏図

A-A'矢視

杭上部調査結果一覧

杭No ＼ 調査項目	コンクリート剥落	コンクリート浮き	コンクリートひび割れ本数・幅	鉄筋露出	損傷度※1
No.1	なし	なし	7本 最大0.30mm	なし	Ⅱ
No.2	なし	なし	7本 最大0.55mm	なし	Ⅱ
No.3	なし	なし	3本 最大0.20mm	なし	Ⅰ
No.4	なし	なし	6本 最大0.25mm	なし	Ⅱ
No.5	なし	表面のみ (約0.04m^2)	1本 最大0.95mm	なし	Ⅱ
No.6	なし	なし	2本 最大0.40mm	なし	Ⅱ

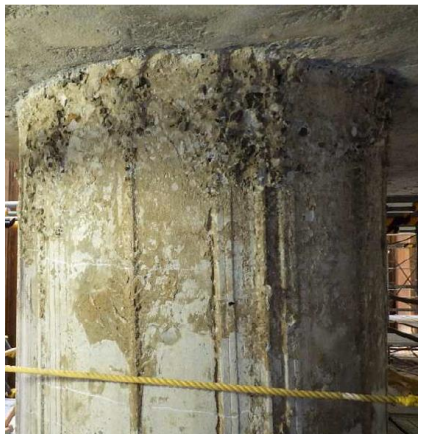
※1「建築研究資料 №90 1997.8 建築基礎の被災度区分判定指標及び復旧技術例」の考えに沿って評価

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

3. 4号機大物搬入建屋の調査（2/2）

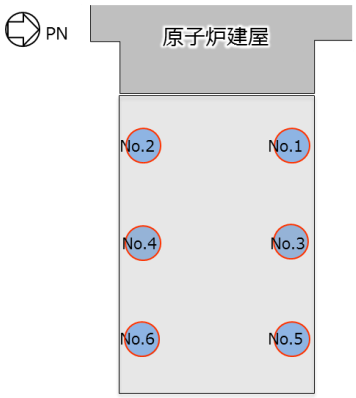
- 杭上部の状況写真を以下に示す。
- 杭の耐震性に影響するような損傷がないことを確認した。



No.1杭上部の状況

No.2杭上部の状況

No.3杭上部の状況



キープラン

No.4杭上部の状況

No.5杭上部の状況

No.6杭上部の状況

※ひび割れ箇所の明確化のため、チョークでマーキングしている。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

4. 追加調査のまとめ

■6号機大物搬入建屋の杭損傷事象を踏まえて実施した追加調査の結果は以下のとおり。

1．建設残置物の調査

✓ 新潟県中越沖地震以降に建設した5/6号機フィルタベント基礎の一部で建設残置物（セメント改良土）の計画範囲が干渉していることを確認。

⇒6号機フィルタベント基礎は、掘削し、杭と干渉する部分を撤去済み

⇒5号機フィルタベント基礎は、今後掘削調査を行い、干渉している場合は撤去予定

➢ 5号機フィルタベント基礎以外の調査は完了

2．4号機大物搬入建屋の調査

✓ 6号機大物搬入建屋と同種構造であり、新潟県中越沖地震において地震影響の大きかった荒浜側に立地している４号機大物搬入建屋の杭を対象に調査を実施した結果、耐震性能に影響ない状態であることを確認。

➢ 上物・基礎部に異常がなく、かつ建設残置物の影響を受けていない杭支持構造物においては耐震性能に影響のある損傷はないという考えの妥当性を確認

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

5. 一連の追加調査を踏まえた設計上の対応について（1/2）

➢ 今回実施した一連の追加調査を踏まえた設計上の対応は以下のとおり。

■ **6号機大物搬入建屋**

✓ 杭周辺の建設残置物は撤去済み

✓ 6号機の設工認補正申請に向け、損傷した杭の再使用に係る妥当性と耐震安全性を評価

✓ 評価の結果を踏まえて、6号機の補正申請後の審査では、建屋の耐震設計に係る説明を行う予定

■ **6号機フィルタベント基礎**

✓ 杭周辺の建設残置物は撤去済み

✓ 6号機の設工認補正申請に向け、掘削調査完了後の地盤条件を考慮した耐震安全性を評価

✓ 評価の結果を踏まえて、6号機の補正申請後の審査では、建屋の耐震設計に係る説明を行う予定

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

5. 一連の追加調査を踏まえた設計上の対応について（2/2）

■ **5号機フィルタベント基礎**

✓ 建設残置物の掘削調査を行い、杭周辺に建設残置物が接している場合は撤去予定。

✓ 5号機フィルタベント基礎に関して、7号機設工認の補足説明資料の波及的影響評価（以下（１），（２））及び竜巻防護（以下（３））において以下の説明を行っている。

（１）5号機原子炉建屋（緊急時対策所）への波及的影響評価として、5号機フィルタベント基礎が仮に転倒し、5号機原子炉建屋へ衝突しても問題がないことを確認
（２）5号機可搬電源（電源車）への波及的影響評価として、5号機フィルタベント基礎が仮に沈下しても転倒には至らず、電源車に衝突しないことを確認
（３）5号機可搬電源（電源車）の竜巻による横滑りを防止するための防護壁として、電源車が5号機フィルタベント基礎の遮へい壁に衝突して、横滑りしないことを確認

⇒上記（１）～（３）のいずれにおいても、杭に期待した評価は行っておらず、仮に建設残置物が杭に干渉しており、その結果杭が地震で損傷した場合においても、当該評価の内容に影響するものではない。

✓ 5号機フィルタベント基礎は、 6号機の補正申請後の審査においても、波及的影響評価及び竜巻防護について、上記と同様の説明を行う予定。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

（参考）5号機フィルタベント基礎の7号機設工認補足説明資料における記載内容

（１） 5号機原子炉建屋（緊急時対策所）への波及的影響評価（１／２）

- KK7補足-024-3「下位クラス施設の波及的影響の検討について」
  6. 下位クラス施設の検討結果
    6.1 相対変位又は不等沈下による影響検討結果

表 6－1－3　6 号機及び 7 号機　建屋外施設の評価結果（地盤の不等沈下による影響）（2/2）

建屋外上位クラス施設	波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設	評価結果	備考
・5 号機原子炉建屋（つづき）	5 号機格納容器圧力逃がし装置基礎	5 号機格納容器圧力逃がし装置基礎は 5 号機原子炉建屋と連続した岩盤に杭を介して支持されており，不等沈下は生じない。 また，5 号機格納容器圧力逃がし装置基礎の周辺地盤の液状化を想定した場合であっても，5 号機格納容器圧力逃がし装置基礎は 5 号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから，5 号機原子炉建屋に衝突したとしても 5 号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。	評価結果の詳細は，本資料「添付資料 5」及び「添付資料 9」に示す。
	5 号機主排気モニタ建屋	5 号機主排気モニタ建屋は埋戻し土に支持されているため，基準地震動Ｓｓに対して，不等沈下による影響を受けるおそれがある。 しかしながら，5 号機主排気モニタ建屋は 5 号機原子炉建屋に対して建屋の規模が小さく軽量であることから，5 号機原子炉建屋に衝突したとしても 5 号機原子炉建屋の耐震性を損なうことはないことを確認した。	評価結果の詳細は，本資料「添付資料 5」及び「添付資料 9」に示す。
	5 号機大物搬入建屋	5 号機大物搬入建屋は 5 号機原子炉建屋と連続した岩盤にマンメイドロック（MMR）を介して支持されており，不等沈下は生じない。	評価結果の詳細は，本資料「添付資料 5」に示す。
・5 号機原子炉建屋 ・5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用無線連絡設備 ・5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用衛星電話設備 ・無線通信装置（5 号機設置） ・6 号機非常用ディーゼル発電設備　軽油タンク ・6 号機軽油タンク基礎	5 号機主排気筒	5 号機主排気筒は 5 号機原子炉建屋と連続した岩盤に杭を介して支持されており，不等沈下は生じない。 また，5 号機主排気筒近傍地盤の液状化による沈下を想定した場合であっても，倒壊に至ることはないことを確認した。	評価結果の詳細は，本資料「添付資料 5」及び「添付資料 7」に示す。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

（参考）5号機フィルタベント基礎の7号機設工認補足説明資料における記載内容

（１） 5号機原子炉建屋（緊急時対策所）への波及的影響評価（２／２）

添付資料９ 緊急時対策所に対する周辺建屋の波及的影響について

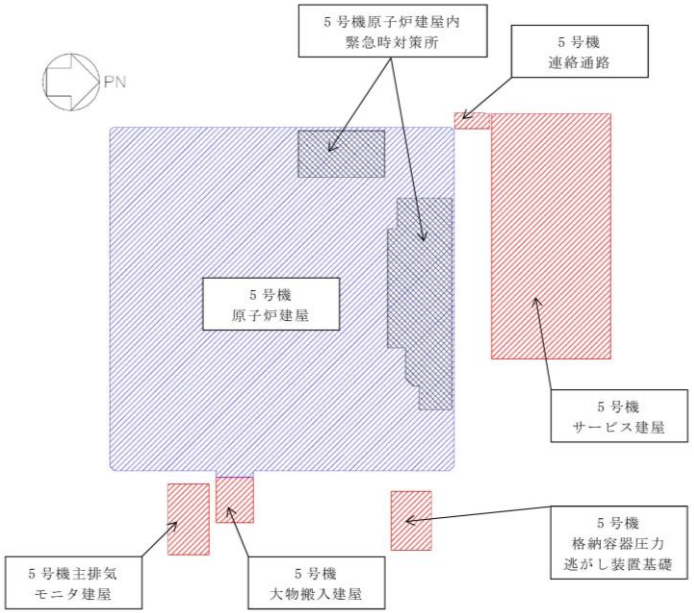


図 1－1 全体の配置図

2. 5号機原子炉建屋に対する波及的影響の代表評価建屋の抽出と波及的影響評価結果

2.1 代表評価建屋の抽出

5号機原子炉建屋及び下位クラス施設の施設規模並びに5号機原子炉建屋への作用荷重（作用荷重[F]＝衝突を考慮した重量[m]×重力加速度[g]）を表2－1に，5号機原子炉建屋の外壁仕様を表2－2に，下位クラス施設の5号機原子炉建屋への衝突階を表2－3に示す。表2－1より5号機サービス建屋が最も作用荷重が大きいこと，表2－2より上層ほど外壁耐力が小さいこと及び表2－3より壁耐力の小さい2階に衝突する可能性のある下位クラス施設は，5号機サービス建屋，5号機連絡通路及び5号機格納容器圧力逃がし装置基礎であること，の3点から，5号機サービス建屋を代表評価建屋として選定する。なお，5号機大物搬入建屋は，支持地盤条件が良いことから5号機原子炉建屋には不等沈下による慣性力による衝突ではなく，地震応答による衝突が考えられる。しかしながら，5号機サービス建屋の作用荷重は，5号機大物搬入建屋の4.29倍（＝13420kN／3130kN）であり，4.29Gの応答加速度が生じることは考え難いため，5号機大物搬入建屋の作用荷重は，5号機サービス建屋の作用荷重に包絡される。

(中略)

3. まとめ

5号機サービス建屋を代表評価建屋として評価した結果，5号機サービス建屋が5号機原子炉建屋に衝突した場合を想定しても，5号機原子炉建屋の構造安全性に影響はなく，5号機サービス建屋が波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より，5号機原子炉建屋に対して，周辺建屋（下位クラス施設）が波及的影響を及ぼすことがないことを確認した。

5号機原子炉建屋（緊急時対策所）への波及的影響は5号機サービス建屋を代表建屋として影響評価。
当該評価結果より、周辺建屋が5号機原子炉建屋に衝突した場合を想定しても、波及的影響を及ぼすことがないことを確認している。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

（参考）5号機フィルタベント基礎の7号機設工認補足説明資料における記載内容

（２）5号機可搬電源（電源車）への波及的影響評価（１／２）

- KK7補足-021-2「工事計画に係る補足説明資料（可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート）」

8．保管場所及び屋外アクセスルート周辺構造物の耐震性評価について

（13）5号機格納容器圧力逃がし装置基礎の東側保管場所への影響評価について

(以下、抜粋)

(c)　評価方針

装置基礎の影響評価は，V-1-1-7-別添1「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に基づき，隣接する東側保管場所に保管される5号機可搬電源への影響評価として行う。

装置基礎においては液状化対策を実施していないため，基準地震動Ｓｓにより装置基礎直下に存在する埋戻土層及び古安田層が液状化するおそれがある。埋戻土層及び古安田層が液状化した場合，地盤の水平変位の増大に伴い基礎スラブを支持する杭が損傷し，鉛直支持能力が低下する可能性がある。

よって，基準地震動Ｓｓに対して，液状化のおそれが否定できない埋戻土層及び古安田層に着目し，その液状化による沈下量を用いて求められる装置基礎の傾斜角が，装置基礎の転倒に至る傾斜角に達しないことを確認することで，5号機可搬電源を損壊させないことを評価する。

この装置基礎の傾斜角は，保守的な条件として，杭を無視し，かつ，埋戻土層及び古安田層の全層が液状化した状態の最大限の沈下量が，装置基礎の一端にのみ生じたと仮定して評価する。

装置基礎の影響評価フローを図8－4に示す。

(c)　許容限界

装置基礎の傾斜角の許容限界は，装置基礎の転倒限界角θ_Lとする。なお，転倒限界角θ_Lは，装置基礎の転倒により5号機可搬電源に影響を及ぼさない最大傾斜角とし，5号機可搬電源が装置基礎端部にある場合を仮定して，装置基礎の遮蔽壁が5号機可搬電源に接する沈下量より設定する。

影響評価における許容限界を表8－2に示す。

表8－2　影響評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部　位	機能維持のための考え方	許容限界（転倒限界角θ_L）
5号機可搬電源に影響を及ぼさない	基準地震動Ｓｓ	装置基礎全体	最大傾斜角が5号機可搬電源に影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	1/3.3

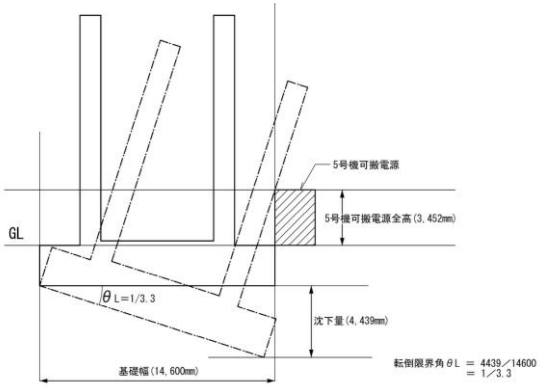


図8－5　装置基礎の転倒限界角

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

（参考）5号機フィルタベント基礎の7号機設工認補足説明資料における記載内容

（２）5号機可搬電源（電源車）への波及的影響評価（２／２）

(d) 評価方法

装置基礎の影響評価は，支持層である西山層との間に存在する埋戻土層及び古安田層の液状化による影響が否定できないことから，埋戻土層及び古安田層の全層が液状化した状態の最大限の沈下量が，装置基礎の一端にのみ生じたと仮定した場合の装置基礎の傾斜角を用いて，装置基礎全体が転倒に至らないことを確認することで行う。

最大沈下量については，V-1-1-7-別添１「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート」に基づき，埋戻土層及び古安田層の層厚の 2.0%とする。

以上より，最大沈下量U_z及び最大限の沈下量U_zに基づく装置基礎の傾斜角θ_zは，図８－６に示すとおり装置基礎の短辺方向長さをＬとすれば，下式で算定できる。

$$U_z = h_o \cdot S$$

$$\theta_z = U_z / L$$

ここで，

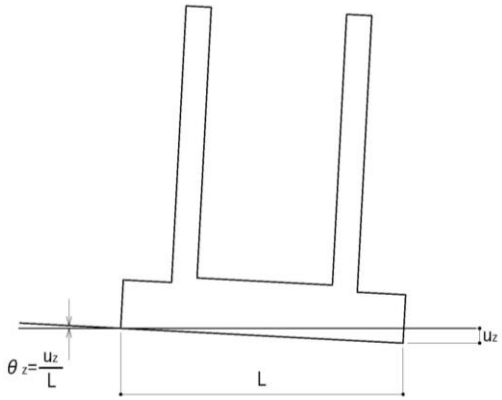
U_z：沈下量（mm）

h_o：埋戻土層及び古安田層の全層厚（=18.5m）

Ｓ：液状化に伴う沈下率（=2.0%）

θ_z：装置基礎の傾斜角

Ｌ：装置基礎の短辺方向長さ（=14.6m）



（液状化層（埋戻土層及び古安田層）の最大沈下量が，装置基礎の一端にのみ生じたと仮定した場合の装置基礎の傾斜角θ_zを評価する。）

図８－６　装置基礎の傾斜角の考え方

d. 評価結果

支持層である西山層との間に存在する埋戻土層及び古安田層が液状化した状態における最大沈下量及びその沈下量から求めた最大傾斜角を表８－３に示す。

表８－３　埋戻土層及び古安田層の液状化を考慮した沈下量及び最大傾斜角

	沈下量（mm）	最大傾斜角	許容限界
最大値	370	1/39	1/3.3

e. まとめ

以上より，液状化により埋戻土層及び古安田層が最大限に沈下したと仮定しても，装置基礎は，転倒に至ることはなく，５号機可搬電源は損壊しない。

地盤の液状化を考慮した沈下量及び最大傾斜角の評価において、保守的に杭を無視した評価を行い、5号機FV基礎が仮に沈下しても転倒には至らず、5号機可搬電源（電源車）に衝突しないことを確認している

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

（参考）5号機フィルタベント基礎の7号機設工認補足説明資料における記載内容

（３）5号機可搬電源（電源車）の竜巻による横滑りを防止するための防護壁

- KK7補足-019「工事計画に係る補足説明資料（発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書）」

７．屋外の重大事故等対処設備の竜巻防護設計について

7.　屋外の重大事故等対処設備の竜巻防護設計について

7.1　はじめに

本資料は，柏崎刈羽原子力発電所の屋外の重大事故等対処設備（以下「SA 設備」という。）の竜巻に対する設計方針について補足する資料である。

7.2　柏崎刈羽原子力発電所における SA 設備の具体的な竜巻防護設計方針

7.2.1　設計の考え方について

柏崎刈羽原子力発電所の屋外 SA 設備においては，技術基準規則第 54 条の要求事項を踏まえた設計方針に従って，位置的分散による機能維持に加え，技術基準規則第 7 条の要求事項を踏まえた設計方針に従って，浮き上がり又は横滑りによって外部事象防護対象施設及び防護対策施設（以下「外部事象防護対象施設等」という。）に衝突し，外部事象防護対象施設の機能に影響を及ぼす可能性がある場合には，飛来物とならないよう固縛する設計とする。

位置的分散による SA 設備の機能維持設計は，V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて示すため，以下では，固縛等に関する設計の考え方を示す。

7.2.2　固縛の設計方針

固縛については，浮き上がり又は横滑りによって外部事象防護対象施設等に衝突し，外部事象防護対象施設の機能に影響を及ぼさない設計とするため，全ての屋外 SA 設備を検討の対象とする。

ただし，屋外 SA 設備のうち，重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよう，風荷重の作用しない場所に配置する設計又は竜巻の風荷重を考慮した設計とする設備は，竜巻防護がされていることから，以降に示す固縛対象設備の選定候補から除外する。（表 7－1 参照）

考慮する屋外 SA 設備，及びその保管場所を表 7－2，図 7－1 に示す。

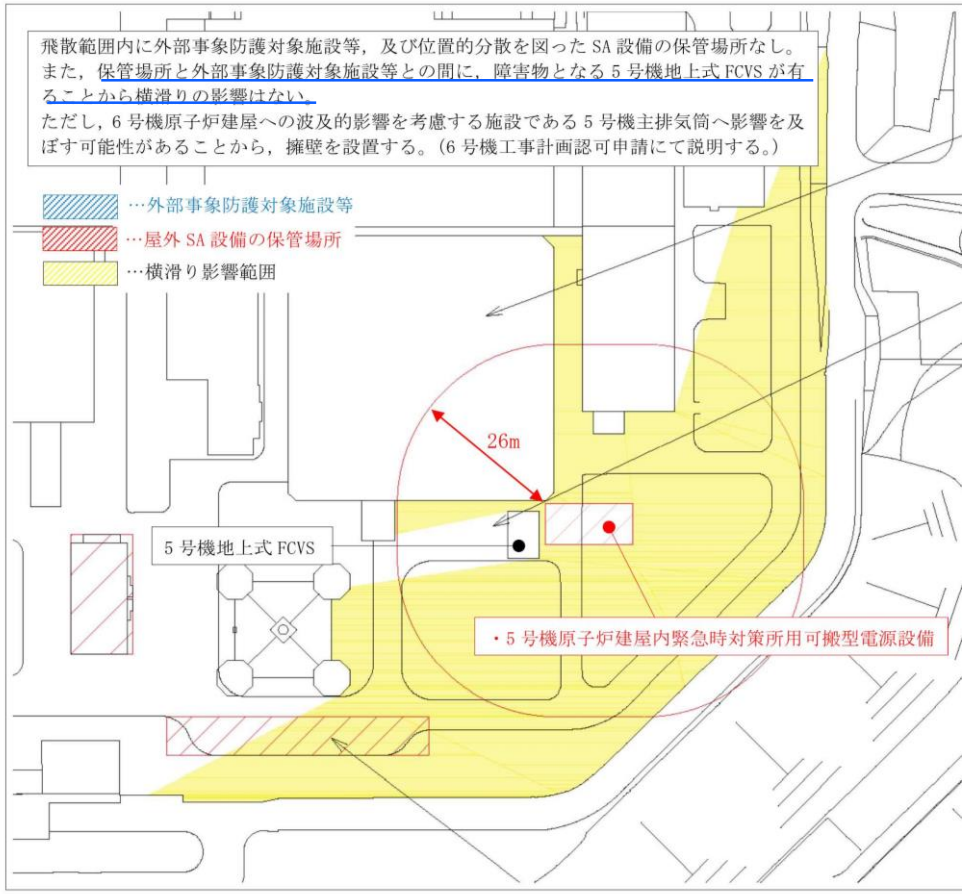


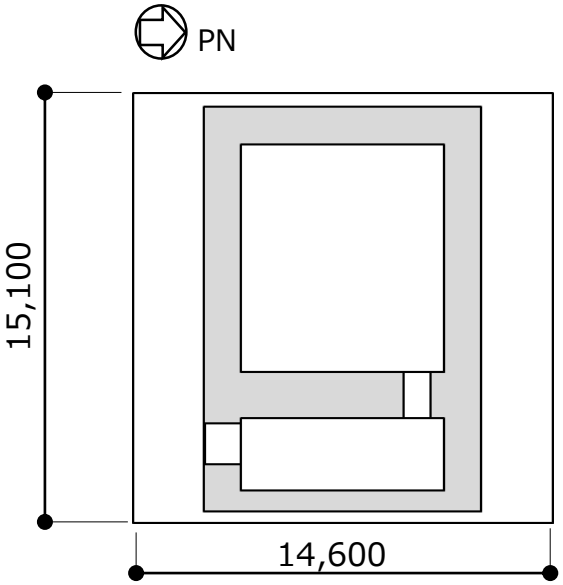
図7－9　屋外SA設備の保管場所及び飛散距離（③５号機東側保管場所）

5号機可搬型電源（電源車）は5号機FV遮へい壁が障害となるため、竜巻により横滑りしないことを確認している。
仮に杭がないとして、5号機フィルタベント基礎が傾斜していたとしても、横滑りに関する評価に影響はない。

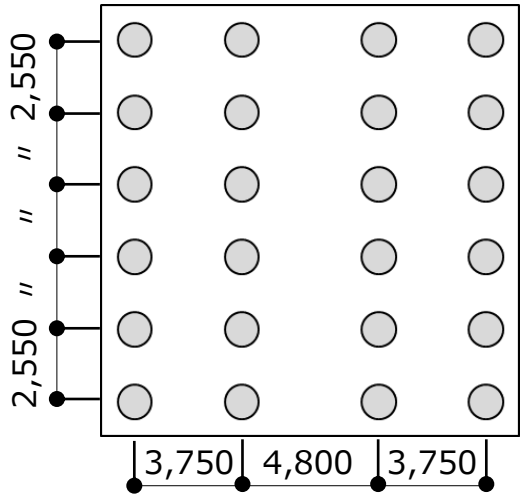
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

（参考）6号機フィルタベント基礎　概要

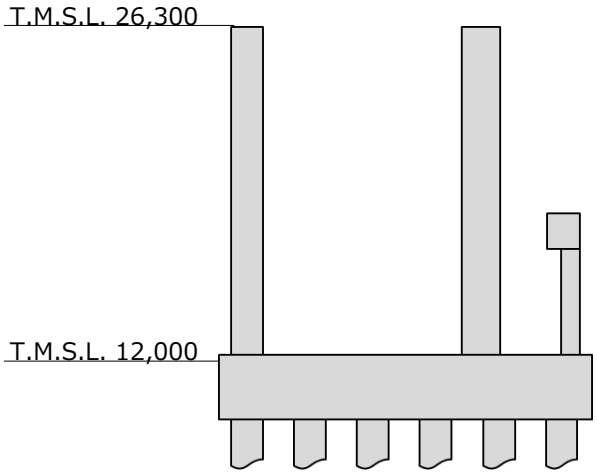
- 柏崎刈羽原子力発電所6号機フィルタベント基礎は、6号機原子炉建屋の東側に位置する、基礎平面は14.6m（NS方向）×15.1m（EW方向）、地上高さは14.3mの鉄筋コンクリート造の工作物である。
- 平面図、杭伏図、断面図及び杭配筋図を以下に示す。



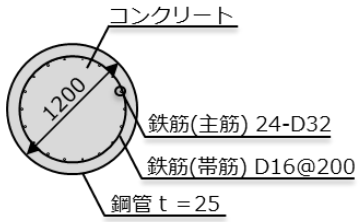
平面図（単位：mm）

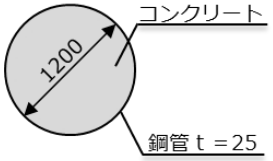


杭伏図（単位：mm）



東西方向　断面図





杭配筋図（左・上杭，右：下杭）

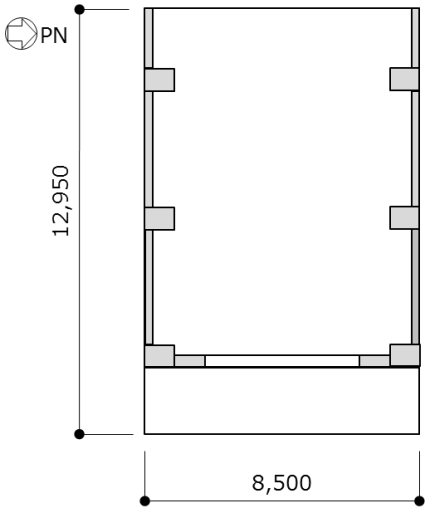
杭種：場所打ち鋼管コンクリート杭
杭長：約28m

使用材料
コンクリート：Fc＝24(N/mm^2)
鉄筋：主筋 SD390
　　帯筋 SD345
鋼管：SKK1490
注：以下、Plant Northを「PN」といい、東京湾平均海面を「T.M.S.L.」という。

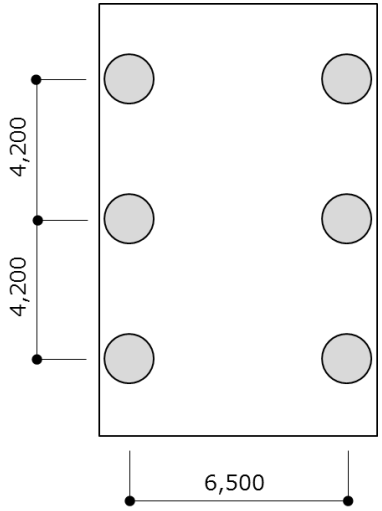
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

（参考）4号機大物搬入建屋　建屋概要

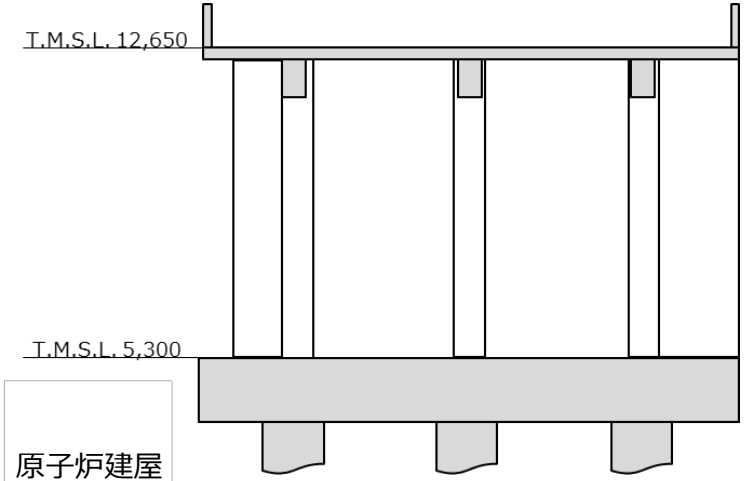
- 柏崎刈羽原子力発電所4号機大物搬入建屋は、4号機原子炉建屋の東側に隣接する、基礎平面は12.95m（NS方向）×8.5m（EW方向）、地上高さは7.65mの鉄筋コンクリート造1階建ての建物である。
- 平面図、杭伏図、断面図及び杭配筋図を以下に示す。



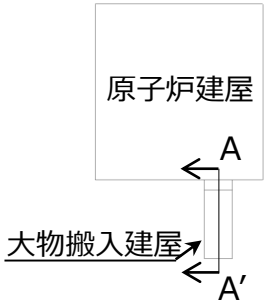
平面図（単位：mm）



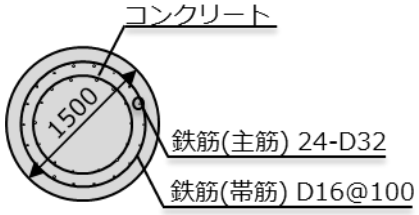
杭伏図（単位：mm）

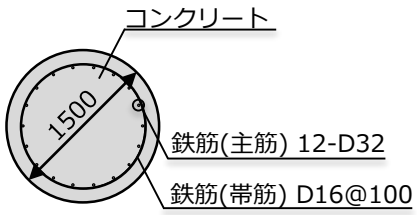


A-A'断面図（単位：mm）



キープラン





杭配筋図（左：上杭，右：下杭）

杭種：場所打ちコンクリート杭
杭長：約45m

使用材料
コンクリート：Fc＝23.5(N/mm^2)
鉄筋：SD345

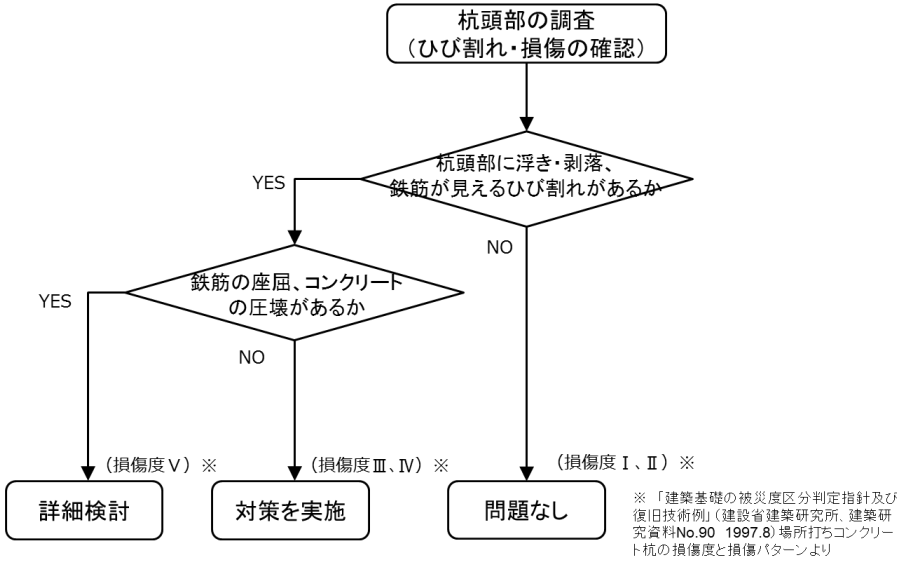
注：以下、Plant Northを「PN」といい、東京湾平均海面を「T.M.S.L.」という。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

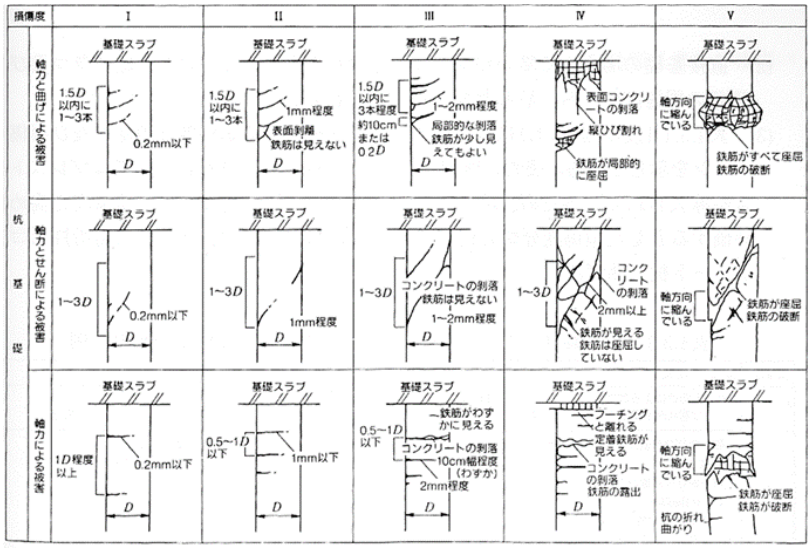
TEPCO

（参考）4号機大物搬入建屋　杭の調査・評価について

- 4号機大物搬入建屋の調査・評価については「柏崎刈羽原子力発電所4号機 新潟県中越沖地震後の設備健全性に係わる点検・評価計画書（建物・構築物編）」に準拠し、以下のフローにて調査・評価を実施。
- なお、目視調査においては、「建築基礎の被災度区分判定指針及び復旧技術例（建設省建築研究所，建築研究資料）」を参考とした。



4号機大物搬入建屋　杭の調査・評価フロー



※建築基礎の被災度区分判定指針及び復旧技術例（建設省建築研究所，建築研究資料）

杭の損傷度分類例

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.　無断複製・転載禁止　東京電力ホールディングス株式会社

（参考）建設計画・設計・施工における今後の管理について

- 柏崎刈羽原子力発電所では、従来から埋設物管理図を作成し、建設計画・設計・施工の各段階でこれを確認することとしていたが、今回の調査で把握したセメント改良土のような建設残置物の情報も含めて一元管理する仕組みとし、建設計画・設計・施工の各段階で必ずこの一元管理された情報を確認することをルール化する。

- 埋設物管理図を確認する目的として、大きく以下の３点が挙げられるが、6号機大物搬入建屋杭の損傷事象を踏まえ、特に③についても建設計画・設計・施工の各段階で必ず確認するよう、ルールに明記する。

  ①地中に存在する重要設備の損傷防止
  ②地中埋設物の存在による施工計画・工法等の検討
  ③地中埋設物による計画施設への耐震上の影響確認

- 以上に述べたルールについて、建設計画・設計・施工に関わる全ての当社社員及び協力企業の方々へ周知徹底する。なお、6号機大物搬入建屋杭の損傷事象については、既に発電所内で説明会を実施済み。

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社