

# 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

## 第1082回

令和4年10月20日（木）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第1082回 議事録

1. 日時

令和4年10月20日(木) 13:30～14:18

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

杉山 智之 原子力規制委員会 委員

石渡 明 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

小野 祐二 審議官

渡邊 桂一 安全規制管理官(実用炉審査担当)

齋藤 哲也 安全規制調整官

忠内 厳大 安全規制調整官

名倉 繁樹 安全規制調整官

江寄 順一 企画調査官

津金 秀樹 主任安全審査官

皆川 隆一 主任安全審査官

東京電力ホールディングス株式会社

山下 理道 原子力設備管理部長

小林 和禎 原子力設備管理部 建築担当

武田 智吉 原子力設備管理部 土木担当

小柳 貴之 原子力設備管理部 原子力耐震技術センター 建築耐震グループマネージャー

青山 雄一 原子力設備管理部 原子力耐震技術センター 建築耐震グループ課長

宮口 泰人 原子力設備管理部 原子力耐震技術センター 建築耐震グループ副長

黒木 孝志	原子力設備管理部	原子力耐震技術センター	建築耐震グループ
板本 将平	原子力設備管理部	原子力耐震技術センター	建築耐震グループ
宮坂 英志	原子力設備管理部	原子力耐震技術センター	地震グループマネージャー
			ー
敦賀 隆史	原子力設備管理部	建築技術グループマネージャー	
濱田 直之	原子力設備管理部	建築技術グループ副長	
森永 隆美	原子力設備管理部	設備計画グループ課長	

#### 4. 議題

- (1) 東京電力ホールディングス（株）柏崎刈羽原子力発電所6号機の設計及び工事の計画の審査（大物搬入建屋 杭の損傷要因）
- (2) その他

#### 5. 配付資料

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（大物搬入建屋 杭の損傷要因について）

#### 6. 議事録

○杉山委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第1082回会合を開催いたします。

本日の議題は、東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所6号機の設計及び工事の計画の審査のうち、大物搬入建屋、杭の損傷要因についてです。

本日は、私、杉山が進行を務めますが、石渡委員にも御出席いただきます。

なお、本日の会合は、新型コロナウイルス感染症対策のため、テレビ会議システムを利用しております。映像や音声等に乱れが生じた場合には、お互いその旨を伝えるようお願いいたします。

では、議事に入ります。

東京電力は、資料について説明を始めてください。

○東京電力HD（宮口） 東京電力の宮口でございます。

それでは、柏崎刈羽原子力発電所第6号機の大物搬入建屋の杭の損傷要因につきまして、

御説明のほう、差し上げたいと思います。

資料、1枚めくっていただきまして、次のページを御覧ください。

まず、本日の御説明内容でございますけれども、前回の7月28日に実施をいたしました審査会合にて、八つの指摘事項のほうをいただいておりますので、そちらに対する回答のほうを予定してございます。よろしく願いいたします。

次のページをよろしく願いいたします。

まず、指摘事項回答の1/5ページ目でございます。指摘事項の一つ目としましては、新潟県中越沖地震発生時における大物搬入建屋内に車両等の重量物がなかったかどうかといったところについて、御指摘のほう、いただいております。

回答としましては、当時の、過去の記録等々を確認させていただきまして、大物搬入建屋内に車両等の重量物は当時なかったといったところのほうを確認させていただきました。

なお、本件、前回の審査会合の中でも、なかった旨、お伝えをさせていただきましたけれども、弊社のほうで記録等を再確認させていただきまして、本日をもって正式に回答というふうにさせていただければと思います。

続きまして、指摘事項二つ目でございます。こちらも新潟県中越沖地震発生時における大物搬入建屋への原子炉建屋本体による干渉等の影響の有無について説明することといった御指摘をいただいております。

回答としましては、大物搬入建屋と原子炉建屋は、エキスパンションジョイントといったものを介しまして、まず建屋としては、構造的に分離をしている建物でございます。新潟県中越沖地震の後に、建屋の被害調査等々を実施してございまして、この結果から、建屋間の境界部のところの躯体のコンクリートには損傷がなく、ぶつかったといったところは確認がされてございません。そのような状況から、原子炉建屋からの影響によって、今回、大物搬入建屋のNo.6・8杭の特異な損傷が引き起こされた、そういった可能性は考えにくいといった整理をさせていただいております。

資料中、37ページ目のほうに追記のほう、させていただいておりますので、37ページ目を御覧いただけますでしょうか。

こちらのページにも、先ほどの回答内容と同様の内容を追記させていただいております。具体的には、ページ右下の図の36のほうを御覧いただけますでしょうか。こちらのほうに原子炉建屋と大物搬入建屋の平面配置図、あと断面図といったものをお示しのほう、させていただいております。建屋の関係性としましては、このような関係でございまして、

リード文の中の(4)といったところに原子炉建屋からの影響といったことで、先ほど申し上げた内容を記載のほう、させていただいてございます。

資料3枚目、指摘事項の回答、2/5に戻っていただけますでしょうか。指摘事項の三つ目でございます。内容としましては、杭の地震による被害事例や杭の破壊形態に係る既存の論文等を参照して、一般的な杭の破壊形態と今回のK6大物搬入建屋の杭の破壊形態といったものを比較して、今回のK6大物搬入建屋の杭の破壊形態が一般的なものとは異なるといったところを説明せよといった御指摘を先生より頂戴してございました。

回答としましては、下にあるとおりでございます。まず、既往文献に基づきまして、K6大物搬入建屋と同種の場所打ちコンクリート杭といったものを対象に、調査のほう、させていただいております。杭の被害事例だったり構造実験例等を調査した結果、No.8杭の杭頭部の損傷状況といったものは、既往の文献に基づく杭の被害事例等から、同じような類似事例がなかったといったことが確認されてございます。

このような結果から、一般的な杭の破壊形態とは少々、やはりK6の大物搬入建屋のNo.8杭の杭頭部については、異なった特異なものだったなといったところを整理させていただいております。

なお、既往の文献に基づきまして、杭の被害状況を調査させていただいたところ、杭の中間部におきましては、ひび割れが発生したといった事例が多く報告されてございました。その原因としましては、地盤の液状化だったり杭の周辺地盤の状況等々、いろいろな要因が報告されてございまして、こちら、報告されていた要因につきましては、後段の2章のところの要因分析に際しまして、参考とさせていただいている旨、記載のほう、させていただいております。

また、No.8杭の杭頭部の類似事例ではなかったものの、杭頭の被害事例、原因として多数報告されている、地震力が大き過ぎた地震力過大であったり、地盤の変形によって損傷してしまった、ひび割れが発生したといった要因につきましても、先ほどの杭中間部のひび割れの要因と併せまして、杭の中間で発生したひび割れとの連続性、関係性等にも留意をした上で、要因分析のほうを後段のほうで差し上げている旨、追記のほう、させていただきました。

詳細につきましては、18ページ目から27ページ目で追記のほう、させていただいておりますので、18ページ目のほうを御覧いただけますでしょうか。

まず、こちらのページでは、既往の文献に基づく分析の流れといったものを記載させて

いただいております。大きな流れとしましては、図の21でお示しをしております文献調査フローといったものに基づきまして、建築の分野に限らず、幅広く文献のほうを収集させていただいた上で、代表文献といったものを選定して、K6大物搬入建屋との比較分析等を実施してございます。

具体的に、ちょっと中身のほうを説明差し上げたいと思います。

まず、文献の収集といった観点ですけれども、こちらは兵庫県南部地震だったり東北地方太平洋沖地震等の大きな地震の後に、この杭の被害調査等が実施される傾向がございまず、そういった地震後に刊行された杭の被害事例を対象に、建築分野に限らず、文献のほう、収集する方針でございまず。

また、被害事例だけではなく、杭の構造実験に関する文献につきましても、併せて収集のほう、させていただく方針を取ってございまず。

続きまして、これら収集した文献に対しまして、代表文献の選定としまして、本資料中で詳細に御説明を差し上げる文献の選定のほう、差し上げてございまず。

一つ目の観点としましては、K6大物搬入建屋と同種の杭であるかどうかといった観点で絞り込みのほう、させていただきまして、二つ目の観点としましては、まず被害事例につきましても、各大学、研究所、業界、団体等によって多数の被害調査の事例が集められ、学協会等の有識者の方によって報告集としてまとめられているような文献を代表文献として抽出する方針を取ってございまず。

また、杭の構造実験に関しましても同様の傾向で、K6大物搬入建屋の場所打ち杭と同種構造の杭に係る文献のうち、耐震性能や破壊性状の確認を目的とした論文を対象としまして、その中でも、特に多くの実験例といったものが示されている文献を対象にさせていただくこととしてございまず。

なお、同種の場所打ち杭の論文に関しましては、本資料中では詳細に御説明、一例を差し上げていない部分につきましても、全て我々のほうでは、中身を確認させていただいております、後段の損傷要因の推定に当たっては、参考とさせていただいている旨、御承知おきいただければと思います。

対象としている参考資料につきましても、64ページ目から66ページ目のほうに文献名だったり出典、あと著者のほうをお示しのほう、させていただいております。

こういった代表文献の選定が終わった後には、比較分析としまして、K6大物搬入建屋の杭の損傷状況との類似性を確認して、比較分析のほう、行うこととしてございまず。

19ページ目を御覧いただけますでしょうか。こちらのページにつきましては、被害事例に関する代表文献に基づく比較分析結果のページでございます。

下にお示しをしております表4に、既往文献に基づく場所打ち杭の被害事例の調査結果といったことで、代表文献三つ、お示しをさせていただいております。

次のページ以降で、この詳細といったことで、一例ずつぐらい事例のほう、御紹介を差し上げてございます。

まとめでございますけれども、下の三つの矢羽根がまとめになってございまして、まず、場所打ち杭の被害事例としましては、兵庫県南部地震による報告といったものが多く報告されてございました。東北地方太平洋沖地震でしたり熊本地震等についても、弊社として確認をさせていただいておりますけれども、場所打ち杭の被害事例等が確認されなかったため、比較分析の対象としましては、表の4でお示しをしている三つの文献を対象に行うこととしてございます。

一つ目の結論としましては、この1から3の文献では、約490本程度の被害事例の報告がされてございます。結果としましては、杭頭部の損傷につきましては、ひび割れ等の事例が多く、No.8の杭頭部のように、鉛直支持力がある程度保持された状態で杭頭部に水平ずれが発生して鉄筋が破断してしまったといった事例は確認がされなかったといったところが、まず結果の一つ目でございます。

また、杭の中間部のひび割れのほうになりますけれども、こちらの事例は多くの報告が出されてございまして、その損傷の要因としましては、地盤の液状化だったり杭の周辺地盤の状況、あと、建屋ごと、事例ごとにいろいろな要因のほうが考察されてございました。

次のページ、20ページ目と21ページ目では、本ページで述べた分析結果の根拠となる報告内容を抜粋して記載させていただいておりますので、そちらの御紹介のほう、差し上げたいと思います。20ページ目を御覧いただけますでしょうか。

まず、被害事例に関する一つ目の御紹介でございます。先ほどの表4のNo.1の文献から、一例、御紹介を差し上げたいと思います。

左下の図の22を御覧いただけますでしょうか。こちらは兵庫県南部地震による建物の基礎被害状況が杭種ごとに集計されたものでございまして、場所打ち杭は、表の中で赤枠で囲った部分でお示しをさせていただいておりますけれども、被害の状況としましては、基礎梁にクラックが発生したり、杭頭にクラックが発生したり、杭頭が破損したりといった事例が多く報告されてございまして、計26件ほど被害事例のほうで報告されてございました。

また、右下の図の23のほう、御覧いただけますでしょうか。こちらには基礎被害原因が杭種ごとに集計されてございまして、場所打ち杭の場合は、地震力が大き過ぎた地震力過大であったり地盤の液状化、あとは地盤の水平変位といった要因によって、ひび割れ等、あと破損等が発生したといった原因が整理をされておりました。合計17件ほど原因のほうの記載がされてございました。

なお、結論としましては、No.8の杭頭部の類似事例といったものにつきましては、確認することができませんでしたが、被害原因として報告されていた地震力過大、あと液状化、あと地盤の変位等につきましては、後段の2章の要因分析に際しましては、原因を特定するに当たって大変参考とさせていただいた旨を記載のほう、させていただいてございます。

次のページを御覧いただけますでしょうか。

続きまして、被害事例の二つ目の御紹介になります。先ほどの表4のNo.2の文献の中から2例ほど、御紹介のほう、差し上げたいと思います。

左下の図の24の(b)を御覧いただけますでしょうか。こちらは兵庫県南部地震による橋梁・高架橋基礎の全般的な被害の一例としてお示しがされているものでございまして、被害の特徴としましては、このような橋梁関係につきましては、以下のような記載がされてございました。いずれの事例におきましても、杭頭部においてクラックが発生している。これは杭頭がフーチングと剛結されているため、杭頭部において最大の曲げモーメントが発生したためと考えられると。杭頭部以外にも、杭の中間部だったり、あと支持層への根入れの付近におきましてもクラックが発生している事例といったものが見受けられ、これらについては、原因としては、液状化だったり側方流動、あと杭体の配筋だったり地盤の振動特性等が複雑に影響し合っただけで生じたものと考えられるといった報告のほうになされてございました。

また、もう一例、右下のほうを御覧ください。こちらが高速道路の杭の被害調査結果でございまして、こちらでも文献によりますと、最大幅2mmぐらいの亀裂が発見されていて、その亀裂は曲げモーメントが最大となる杭頭部付近に集中しているということが分かるという記載がされてございました。

なお、本文献におきましても、No.8の杭頭部の類似事例といったものは確認がされなかったという結果でございまして、No.6・8杭中間部と同様に、杭の中間部のひび割れの発生事例といったものは多数報告がされてございまして、こちらでも損傷要因の際には、

我々としては参考とさせていただいている旨を追記させていただいております。

続きまして、22ページ目を御覧ください。ここからが構造実験例の構造実験論文に基づく比較分析のページでございます。

まず、構造実験に関わる文献調査結果といったものは、表の5ということで二つ、文献代表で絞らせていただいて、お示しをさせていただいております。

詳細につきましては、次ページ以降で結果を記載させていただいております。

場所打ち杭の構造実験としましては、K6大物搬入建屋の場所打ち杭と同種構造のうち、耐震性能や破壊性状の確認を目的とした論文を抽出した上で、その中でも多数、調査結果、実験結果が乗っかっているものといったものを代表で整理させていただいております。それらに対して比較分析のほう、実施してございます。

No.1~2の文献では、どちらも共通的なものなのですけれども、試験体、供試体といったものを載荷装置にセットをしまして、加力した際の曲げとせん断による破壊状況を確認していくといったところを行ってございまして。これらの結果、写真等を見たところ、No.8の杭頭部のように、鉛直支持力がある程度保持された状態で杭頭部に水平ずれが発生し、鉄筋が破断しているといった事例は確認されなかったというのが結論になりますけれども、次のページ以降で数例、結果のほうの御紹介を差し上げたいと思います。

23ページ目を御覧いただけますでしょうか。

まず、構造実験例の一つ目の御紹介になります。左下の(a)のような杭を作成いたしまして、右下の(c)のような載荷装置の中にセッティングをしまして、加力試験を行っているというのが試験の概要でございます。

試験の目的としましては、この実験につきましては、場所打ち杭の実験検討例といったものが当時少なく、まだ耐震性能が十分に明らかにされているとは言い難いといった社会背景、その当時の背景がございましたので、耐震性能を明らかにしていくために、この実験を実施するといったことで実施がされておりました。

試験の条件としましては、パラメータを幾つか振られておりまして、シアスパン比だったり軸力比みたいなところでパラスタのほうを幾つかされているといったことで、多くの結果が乗っかってございました。

次のページを御覧いただけますでしょうか。24ページ目は、その試験の結果といったものをお示ししてございます。

左下の図の27を御覧いただけますでしょうか。こちらは杭を極端に曲げ破壊させたとき

の写真の結果になってございます。

右下の図の28を御覧いただけますでしょうか。こちらにつきましては、逆に極端にせん断破壊させたときの試験の結果写真でございます。

一つ目の矢羽根のところでは、その破壊過程について、それぞれ試験体1ではどのように破壊が進展していったのか。試験体2ではどのように破壊が進展していったのかといったところを論文から引用させていただきまして、記載のほう、させていただいております。一般的には、杭だったり建物の柱といったものにつきましては、上部の荷重を支えるような部材でございますので、右下でお示しをしているようなせん断破壊してしまうと、層が崩壊してしまったり、建物が倒壊してしまうといった人身安全を守れないような状況になってまいりますので、杭の設計だったり柱の設計といったものにつきましては、左下の曲げが先行して、曲げによって破壊するような設計を行うというのが一般的でございます。

こういったことを考えてみますと、本来であれば杭については、このような壊れ方をするのだろうなといったところがまずあるのですけれども、結果としまして、今回K6の大物搬入建屋のNo.8の杭頭部のところですね、こちらにつきましては、この図の27でお示ししているような曲げ破壊の様相とは多少異なるなど。では、もう一つのせん断破壊の状況と合致しているのかなといったところも比較をしてみますと、こちらともどうも様子が違って、我々のNo.8の杭頭部のところにつきましては、横にずるっと滑ってしまったような水平ずれが発生しているような状況でございましたので、こういった一般的な曲げ破壊、あと一般的なせん断破壊といった様相ともやはり異なるなどといったところが、このページで整理をさせていただいております。

続きまして、25ページ目を御覧いただけますでしょうか。構造実験例の二つ目の御紹介になります。こちらは、先ほど表の5でお示しをしましたNo.2の文献の一例でございます。左下の(a)でお示しをしているような杭の供試体といったものを作成しまして、右の(b)でお示しをしているような試験体パラメータといったことで、パラメータを振った上で幾つかの実験がされているといった状況でございます。

実験の目的としましては、場所打ち杭の変形性能算定手法を提案するために、当時そういったものを提案するために実験されたものといったことで明記がされてございました。

次のページを御覧いただけますでしょうか。試験の結果でございます。こちらにつきましても、一つ目のレ点のところでは、破壊の進展具合を論文から引用させていただきまして、整理のほう、させていただいておりますけれども、下の写真のほうを見ていただけま

すでしょうか。

まず、一番左の写真が曲げひび割れが発達してきた、発展してきたといった状況をお示ししている写真でございます、その隣が鉄筋が降伏をしてコンクリートが圧壊してきたといったときの写真でございます。その隣がかぶりコンクリートといわれるところが剥離してきた様子をお示ししている写真で、一番右が軸方向の鉄筋が破断したといった状況の写真でございます、こちらは、先ほどの構造実験例同様に、曲げ破壊による進展具合を写真も含めて御紹介が差し上げられていた論文といったことでございます。ただ、結論としましては、No.8の杭頭の損傷状況とは、やはり状況が異なるなといったところを確認させていただきました。

続きまして、27ページ目を御覧いただけますでしょうか。資料中段の既往文献に基づく考察といったところを御覧いただけますでしょうか。挙動までの説明内容を踏まえまして、このページでは、まとめとしまして既往文献に基づく考察といったところに、2点追記のほう、させていただいております。

一つ目としましては、No.6・8杭の中間部の損傷状況の類似事例としましては、多く報告がございまして、中間部のひび割れの発生事例としましては、地盤の液状化だったり杭周辺地盤の状況といった要因が多く報告されてございましたので、後段の要因分析に際して、参考とするといったことをまとめとさせていただいております。

二つ目でございますけれども、No.8の杭頭部の損傷状況につきましては、既往文献に基づく杭の被害事例だったり構造実験例等を確認したのですけれども、類似していないといったところが確認ができましたので、既往文献に基づき、このNo.8の杭頭のほう、損傷要因を特定していくといったことはなかなか難しいかなといった整理をさせていただいております。

しかしながら、杭頭の被害要因としましては、多く報告されているものがございまして、地震力が大き過ぎた地震力過大であったり、液状化、あと地盤の変位等が代表で挙げられておりましたけれども、こういった要因につきましては、先ほどの杭の中間のひび割れとの関係性、連続性にも留意した上で、要因分析の際には参考とさせていただくと、まとめとして記載のほう、させていただきました。

指摘事項3に対する回答の詳細につきましては、以上となります。

資料6枚目の指摘事項回答の5分の3に戻っていただけますでしょうか。指摘事項の四つ目でございます。

内容としましては、中越沖地震発生時に地盤改良があった場合に作用する地震荷重について、改良地盤がない場合の地震荷重と耐力との関係を踏まえて、どのようなオーダー感になるのかを説明すること。また、設計時の地震荷重と耐力との関係からも検討し説明することといった御指摘のほう、いただいております。

内容としましては、前回の審査会合の中で口頭回答差し上げた内容を文字として記載のほう、させていただきます。

回答になりますけれども、3章で実施をしてございますNo.8の杭頭部のせん断力に着目した解析といったものの中では、単位荷重としまして1万kNといったものを設定してございます。また、2章にお示しをしております地盤改良土を考慮していない中越沖地震のシミュレーション解析の中では、解析の結果としまして、杭8本が負担する杭頭部のせん断力といったものは、1,400kNが、8本の杭ございますので、約1万1,200kNぐらいといったこととございました。なので、結果としましては、この二つの解析といったところでは、応力、荷重については大きな差分がないといったところで、オーダー感は大体同じぐらいだといったことを整理させていただきます。

また、新潟県の中越沖地震のシミュレーション解析の結果、杭頭部のせん断力については、セメント改良体がある場合は約3倍の応力集中が生じるといった結果もございますので、先ほどの1,400kNといったものにつきまして、3倍の力が、応力集中が生じた場合は、やはりNo.8の杭頭部につきまして、終局せん断耐力であります2,600kNといったものを大きく超えてくるといった可能性があるといった整理をさせていただきます。

また、二つ目の指摘でいただいております設計時のお話にもなりますけれども、1章でお示しをしています原設計の結果に対しましても、やはり、この3倍の応力集中といったものを乗じてみますと、先ほどの終局せん断耐力といったものを大きく超過してくる結果となるかなということ整理させていただきました。

同じ内容を資料の48ページ目のほうに記載をさせていただきますので、本編側の御説明のほうは割愛のほう、させていただきますと思います。

続きまして、指摘事項5分の4ページ目を御覧いただけますでしょうか。五つ目の指摘事項でございます。

内容としましては、液状化による地盤の変状の有無について、液状化が発生しなかった理由も含めて説明することといった御指摘をいただいております。

回答としましては、新潟県中越沖地震の発生後に調査をしてございまして、その調査結

果より、大物搬入建屋近傍の地盤では、亀裂、噴砂、あと大きな地盤の鉛直変動といったものは確認されてございません。

このような結果から、大物搬入建屋の周辺では液状化が発生していないといった整理のほう、させていただいております。

なお、理由としましては、大物搬入建屋は原子炉建屋の地下水排水設備、サブドレンといわれる設備の近傍に立地してございますので、その影響で地下水位が低下していたところも一因しているのだらうなというふうな整理をさせていただいております。

こちら資料中、36ページ目のほうに結果は記載させていただいておりますが、中身は全て同じものを追記させていただいておりますので、説明のほうは割愛のほう、させていただきたいと思っております。

続きまして、指摘事項六つ目でございます。大物搬入建屋周辺の地質・地質構造を踏まえて地盤の傾斜の有無、その影響について説明することといった御指摘を頂戴してございました。

回答としましては、大物搬入建屋の杭の周辺の地盤につきましては、30年前の建設当時にT.M.S.L.0mのところまでオープンカット工法で掘削を行っておりまして、その後、12mといわれるところまで敷地内の掘削土を使って埋め戻しを実施してございます。

このようなことから、水平方向にある一定の広がりを持った一様な地質構造となっております。

また、法面から離れた位置に大物搬入建屋といったものは立地してございますので、地盤の傾斜による影響といったところは、杭に対してはないといった整理をさせていただいております。

こちら、資料38ページ目を御覧いただけますでしょうか。

まず、回答内容と同様の記載をリード文の一つ目のところに記載させていただいております。それらを補足するような図としまして、左下のほうに平面配置図、右下のほうに断面図といったものをお示ししてございます。

左下の平面配置図を見ていただきますと、大物搬入建屋の周辺にピンクのハッチングがしてある部分がございますけれども、こちらが埋め戻しが広がっている領域をお示ししてございます。

右下の断面図を見ていただきますと、左のほうに埋め戻しが法面で少し傾斜がついているような部分があるのですけれども、こちらから杭が大分離れたところにあるといったこ

とで、この傾斜による杭への影響といったことはないといった整理のほう、させていただいてございます。

続きまして、指摘事項の回答5分の5のほうに戻っていただけますでしょうか。七つ目の指摘事項でございます。

こちらは、杭の損傷要因の特定のために現在実施している調査について、調査の目的及び終了時期を説明することといったことで、前回、7月28日時点では、まだ我々のほうでK6の大物の杭の調査につきまして、一部追加のほう、調査させていただいておりましたので、その目的と終了時期について説明することといった指摘でコメントいただいております。

回答内容としましては、鉄筋の詳細確認等の追加調査を行ってございましたけれども、こちらは、これまでに御説明を差し上げている杭損傷に係る原因究明の説明性をさらに確固たるものにするための補完といった目的で実施をしてございました。作業自体は8月末ぐらいには終了してございまして、報告書を取りまとめしているといったところでございます。

最後、指摘事項8番目でございます。

内容としましては、新たに1本の切断が確認されたNo.8の杭の鉄筋について、当該鉄筋の位置や切断の状況、損傷要因推定への影響を説明することといった御指摘のほう、いただいております。

こちらにつきましては、資料7と8のページで詳細に御説明を差し上げたいと思いますので、7ページ目を御覧いただけますでしょうか。

まず、追加調査の目的としましては、これまでの調査結果といったものを補完するといったところを目的として実施してございまして、今回は、図の10でお示しをするように、基礎スラブの下から50cmぐらいのところをウォータージェット工法といった工法を使いながら、コンクリートを薄皮を剥ぐような感じで取り除いていく作業をいたしました。それをやりながら、3次元計測といったものを実施してございます。

図の10の一番左側を御覧いただけますでしょうか。こちらに杭の断面図をお示ししてございますけれども、まず、この追加調査で分かった事実の一つ目としましては、No.13の鉄筋のところに青い丸をちょっとつけさせていただいてございますけれども、こちらがこれまでの調査では、コンクリートが拘束している帯筋の裏側のほうに隠れていたため、鉄筋が破断しているといったところを確認することができませんでしたが、今回、追加調査で

コンクリートをウォータージェットではつりながら、帯筋の裏側まで見れる状況になったときに、この13番鉄筋につきましても、破断していたといったところの確認をさせていただきます。

また、二つ目の事実としましては、一番右のa部拡大写真、あとb部拡大写真といったものを御覧いただけますでしょうか。こちらは杭径が1mぐらいにはつり取られた状態、あとは60cmぐらいにはつり取られた状態での杭頭部の写真でございます。こちらでお示しをしておりますのは、杭頭部のところには、1mぐらいに杭径が細くなったとき、あと60cmぐらいに細くなったとき、どちらにつきましても、ひび割れが杭頭部の付近で確認がされているといったところをお示ししてございます。

このような状況と、この後、御説明を差し上げますが、鉄筋の変形状況といったものを鑑みましても、杭頭部では貫通ひび割れ、水平にずれていたといったことが発生していたのだらうなという推定をさせていただきます。

続きまして、8ページ目のほうでは、鉄筋の変形状況につきまして、詳細に御説明を差し上げますので、8ページ目のほう、御覧いただけますでしょうか。

こちらのページでは、コンクリートを取り除いた後の3次元計測による鉄筋の損傷状況の調査結果といったものをお示ししてございます。図の11が3次元計測のデータ画像でございます。

まず、鉄筋につきましては、これまでも述べていたとおり、杭を基準に下から上を見上げるような形になりますけれども、いずれも西から東側の方向に平均50mm程度変形してございまして、相対的にコンクリートの損傷が小さかった西側の領域ですね。こちらにつきましては、鉄筋が破断してしまっている。コンクリートの損傷が大きかった東側の領域につきましては、鉄筋が大きく変形はしているものの、破断に至っていないという対極的な結果、傾向を確認させていただいております。

なお、コンクリートを取り除く際に破断が確認されましたNo.13の鉄筋につきましては、ほかの鉄筋と破断の位置や変形の状況といったものにつきましては、大きな差分はなく、同じような壊れ方をしているといったところを確認してございます。

以上の追加調査の結果から、新たに分かったこととしましては、杭頭部のコンクリートのひび割れ状況といったものが、もともと推定として貫通ひび割れ、水平ずれしているのだらうといったところを推定してございましたが、杭径が1mぐらいになったとき、あと60cmぐらいになったときにも杭頭部にひび割れが発生しているといった状況を確認してご

ございますので、ここについては、杭頭のところで貫通ひび割れ、水平ずれが発生していたといったことが1点目、分かりました。確固たるものとなりました。

二つ目としましては、鉄筋が概ね西から東に変形しているといったところを定性的にこれまでお伝えしてございましたけれども、今回、3次元の計測結果からも、定量的にそのような結果であったといったところの確認をさせていただきました。

こういった内容につきましては、これまでの原因究明の説明性を補完する結果でございましたので、損傷要因推定への影響はないといった整理のほう、させていただいてまいります。

指摘事項八つに対する回答の御説明は、以上となります。回答内容の追記に伴う記載の適正化、図番の番号の修正、章番の修正等については、説明のほう、割愛のほう、させていただきたいと思っております。

御清聴ありがとうございました。

○杉山委員 それでは質疑に入ります。質問等、ありますか。よろしいですか。

では、齋藤さん。

○齋藤調整官 実用炉審査部門の齋藤です。

特に質問が出ていないということで、6号機の大物搬入建屋の杭の損傷要因に係る前回会合での事業者からの説明、それから、本日いただいた回答については理解できました。

それから、現在、柏崎刈羽原子力発電所においては、6号機の杭の損傷を踏まえて、6号機の大物搬入建屋以外のほかの号機を含めた杭基礎構造物の周辺について、今回のような建設残置物がないかなどの調査が実施中であり、その調査の中で、6号機のフィルタベント基礎の杭にも残置物が接していることが確認されていると聞いております。

つきましては、事業者におきましては、それらの調査結果につきましても、その調査結果がまとまった段階で、この審査会合で説明いただきたいというふうに考えております。

なお、この審査会合は、6号機の設工認の審査会合になりますので、その説明に当たっては、6号機に関連する調査結果の話がメインになると思っておりますけれども、そのほかの号機に関する調査結果についても、併せて説明いただきたいと思っております。

今の件、東京電力の考えはいかがでしょうか。

○東京電力HD（小林） 東京電力の小林でございます。

6号機以外の調査につきましても、まとめ次第、御報告したいというふうに考えております。

○齋藤調整官 実用炉審査部門の齋藤です。

よろしく申し上げます。

私からは以上です。

○石渡委員 前回のコメントを受けて、文献調査とか大分データも拡充していただいて、分かりやすい資料になっているというふうに思います。

この文献調査で、特に同じ種類の杭というものにこだわって、場所打ち杭というのですか、その場で作ったような、後から既製のものを打ち込むのではなくて、その場で作る杭のことを場所打ち杭というのだというふうにお聞きしたのですけども。これにこだわる理由というのは何ですかね。つまり、杭であれば大体みんな同じような形をしているわけですから、地震力のようなものが加わったときに、同じような変形をするのではないかというふうに思うのですけども。また、実際、ほかの種類杭でも、大体は杭の頭の部分が一番被害を受けるというのは共通していると思うのですけども、場所打ち杭に特にこだわって調査をしたというのには、理由は何ですか。

○東京電力HD（宮口） 御質問ありがとうございます。東京電力の宮口でございます。

まず、杭の種類としましては、鋼材系の杭とコンクリート系の杭ということで、大別すると二つ、まずございます。鋼材系の杭につきましては、壊れ方が全然もう、そもそも違うといったところがございますので、まずは、そういった観点で対象外というふうな整理をさせていただいております。コンクリート系の杭としましては、ほかにPHCの杭とか、いろいろあるのですけれども。例えば、プレストレスをかけたような杭ですと、破壊の性状が違っていたり、あとは、断面が中空の断面の杭といったものもあるのですけれども、こういったものも壊れ方が少し性状が違うといったところを整理させていただいて、比較・分析の対象としましては、場所打ちのコンクリートに絞ってやってみましょうといった方針で対応してございます。

○石渡委員 ただ、この場所打ち杭というのは、調べていただいた文献を見ても、やはり数が少ないのですよね。ですから、あまり統計的にどうだということが言いにくいように思うのですよね。それはそれでいいと思うのですけども、破断したNo.8の杭については、西から東の方向に破断していない部分も含めて、50mm程度変形しているということが書いてあるのですけども、これというのは、中越沖地震のときの最大加速度の向きと一致するのですか。それとも、それとは一致しないのですか。その辺はどうでしょうか。

○東京電力HD（宮口） ありがとうございます。東京電力の宮口でございます。

中越沖地震のときの最大の振幅といった大きな影響が出ていた方向としましては、東西方向でございまして、今回、損傷している変形側につきましても、東西方向でございまして、地震によって大きく揺らされた結果、このような損傷になっているといったところにつきましては、方位的にも合致しているというふうに判断してございます。

○石渡委員 方位はそうなのですけども、向きはどうですか。西から東が一番大きいのですか。

○東京電力HD（小柳） 御質問ありがとうございます。東京電力の小柳です。

西から東、東から西、どちらの向きが大きかったのかというのは、なかなかこの分析から断定的なお話はちょっとしかねるかなというふうに判断しております。どうしても今回、コンクリートの杭が破損した、組成化したというところになりますので、その向きとしては、東西方向の振幅が大きかったというところまでは言えるのですが、壊れるタイミングがどちらが先だったかというふうなタイミングの問題もございますので、向きとしてどちら側かというよりは、地震なので、正負交番の荷重がかかった際に、こちら側のときに壊れたと、そういったところが分析としては言えるのではないかというふうに考えております。

以上です。

○石渡委員 分かりました。

それで、この調査の結果から非常にはっきりしたことは、要するに、物性の違う地盤にまたがって、あるいは、それに接して杭が打たれているような状況があると、地震力が作用したときに非常に大きな力がその境目のところに加わると。そのために、こういう鉄筋の破断とか大きな変形のようなことが起きる可能性があるということがここではっきり示されたのだと思うのですね。その理解でよろしいですよ。

○東京電力HD（宮口） 東京電力の宮口でございます。

その認識で間違いございません。

○石渡委員 そうすると、やはりこれは、例えば、そういった別種の地盤にまたがって、あるいは別種の地盤が傾斜してあるようなところに杭が打たれて、その上に、それにまたがって建物が乗っかっているような場合に、やはりこれ、非常に大きな力が加わる可能性があるということだと思うのですね。そういうことがここではっきりしたということで理解をしました。

以上です。

○杉山委員 ほかにございますか。

はい。忠内さん。

○忠内調整官 規制庁の忠内でございます。

先ほど説明のあった追加調査の話についてなのですけれども、一応、現在実施しているサイト内の調査というもののなのですけれども、今回の類似事案が漏れなく抽出されているというような調査をしているのかどうか。これについては、調査対象の網羅性とか調査のプロセスなども含めて、調査結果と併せて説明をいただきたいと思います。

私のほうからは、以上でございます。

○杉山委員 ほかにどうですか。

先ほど、石渡委員もおっしゃっていたとおり、地盤が性質の異なる同一の建屋の下に異なる地盤が存在した場合、必ずしも弱いところで決まるわけではないというところが非常に、新しい知見かどうかは、ちょっと私、把握しておりませんが、個人的には非常に興味深い点でありました。この辺というのは、今回はセメント改良土という、ある意味、人工的に作られた地盤とそうでない部分ですけれども、もともと天然の状態で地盤が異なるようなところに建屋を建てるようなときも、やはりこういうところは気をつけなければいけないのだなということを考えた次第です。

東京電力のほうから、特に何かございますか。

○東京電力HD（宮口） 東京電力側からは、特にございません。

○杉山委員 それでは、本日予定していた議題は以上です。

今後の審査会合の予定ですけれども、10月21日金曜日に地震・津波関係の非公開の会合が予定されております。

それでは、本日の第1082回審査会合を閉会いたします。