

## 第7回 津波検討会 議事録

1. 開催日時：平成25年9月26日(木) 13:30～17:05

2. 開催場所：日本電気協会 4階 A,B会議室

3. 出席者：(順不同, 敬称略)

委員：吉村主査(東京大学), 長澤幹事(東京電力), 河村副幹事(中部電力), 藤間(防衛大学校), 菅野(元耐震改修支援センター), 池野(電力中央研究所), 松山(電力中央研究所), 鈴木(原子力安全推進協会), 楊井(東京電力), 戸村(日本原子力発電), 石田(中部電力), 伏見(関西電力), 羽田野(東芝), 伊神(三菱重工業), 朝倉(日立GEニュークリア・エナジー), 藪内(鹿島建設), 國司(伊藤忠テクノソリューションズ) (17名)

代理出席者：町田(関西電力・森北代理) (1名)

欠席委員：奈良林副主査(北海道大学), 富田(港湾空港技術研究所), 吉田(大林組) (3名)

常時参加者：仁科(東京電力・福島代理), 平田(東北電力), 豊嶋(中国電力), 只隅(東北電力) (4名)

オブザーバー：遠藤(原子力安全推進協会), 島(東京電力), 大槻, 奥村(日立GEニュークリア・エナジー), 平井(三菱重工業), 中西, 上方(東芝), (7名)

事務局：井上, 大滝(日本電気協会) (2名)

4. 配布資料

資料 No7-1 第6回津波検討会議事録(案)

資料 No7-2 津波検討会委員名簿

資料 No7-3-1 耐津波設計技術規程(案) コメント対応方針

資料 No7-3-2 耐津波 JEAC 修正案(SWG4)

資料 No7-3-3 原子力発電所耐津波設計技術規程(案) 変更前後比較表

資料 No7-3-4 耐津波設計技術規程(案) コメント対応方針に関する補足説明資料

参考1 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則及び規則の解釈(抜粋)

参考2 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド

参考3 耐津波設計に係る工認審査ガイド

参考4 審査ガイドと耐津波 JEAC との対応

参考5 耐津波設計技術規程(案) 概要

参考6 耐津波設計技術規程(案)

## 5. 議事

### (1) 会議定足数の確認

事務局より、本日の代理出席者1名の紹介があり、吉村主査の承認を得た。また、代理出席を含む出席委員は16名であり、規約上、決議に際して求められる委員総数の2/3以上(14名)の出席であることが確認された。(最終出席者18名)

また、本日のオブザーバー7名の出席が吉村主査により承認された。

### (2) 前回議事録の確認

事務局より、資料 No.7-1 に基づき第6回津波検討会議事録(案)について説明があり、正式な議事録にすることが了承された。

### (3) 検討会委員の変更について

事務局より、資料 No.7-2 に基づき常時参加者の交代についての紹介があり、津波検討会委員の承認を得た。

#### 【新常時参加者候補】

・福島将司(東京電力) → 仁科周一郎(東京電力)

### (4) 耐震設計分科会委員によるコメントに対する対応方針について

主査より今日の審議に至った経緯及び今後の方針について以下の通り説明された。

前回の津波検討会で審議し、耐津波技術規程をファイナル版として耐震設計分科会に上程し、内容説明は実施したが審議時間の不足から、分科会委員にメールでコメントを頂き、各作業会でコメント対応案を作成したのでここで審議をお願いしたい。

ここで了承されれば10月4日の耐震設計分科会に再度上程して審議頂き、分科会で了承されれば、正式に書面投票に移行する予定である。

楊井委員、仁科氏及び各作業会委員より、資料 No.7-3-1~4 及び参考 1~6 を基に分科会委員のコメント対応方針について説明があり、議論を行い本日頂いた意見についての修正及び対応表にコメントの重軽ランクを記載し、修正案を検討会委員に配布するとともに、10月4日の耐震設計分科会には、コメントに対する対応方針と訂正した規程(案)本文と本文の比較表(案)をセットで上程することが全員の挙手で承認された。

主な質疑は以下の通り

- ・資料 No.7-3-4 の最後の頁「2. 基本方針におけるかく各防護の位置づけ」の多重防護の考え方は機電側の強化に影響する所でもあるので確認したい。a, b の解釈と c の防護の多重化・多様化で均衡性の配慮は要求事項として扱うと定義されたが、均衡性の配慮も多重化・多様化の要求のためにあるので記載した方が位置付けがよく分かれると考えるが。例えば c. ②信頼性向上のための考慮に、均衡性の配慮の項目を入れられないか。ドライサイトの話で機電側の敷地内設置のヤード構造物は、波力や漂流物に耐えるという評価法を記載しているが、このままだと敷地内浸水で下からじわっと上がってくるような浸水は考慮するが、越波

のような浸水は考慮しないとなりかねない。第 7 章での評価は設備の耐津波裕度を評価する所なので、じわっと上がってくる荷重条件での評価まででいいのか、それともその構造物が持っている耐津波性の耐力を出そうとすると、越波したことも前提として耐力評価することまでをスコープとして考えれば、かなり均衡性の配慮と言うところでより裕度が確保できるような評価に持ち込めると思う。設計条件としても均衡性の配慮を考慮しているが、その理由は第 7 章でするバランスの評価でプラントの耐津波対策をバランスよく評価するためにはそのような評価方法も必要だと考えている。

→パワーポイントの説明用として加えたらと言うことか。

・そういうことである。その位置付けで、第 5 章の本文の書き出しが大分変わってくる。

→基本的にはこの均衡性の配慮は、この表の a, b, c を総合して評価をしますと言う事であり、この表に記載することになると、右側に a, b, c を貫通した欄を設けてここに均衡性を配慮することを記載する方が分かり易いと考える。

・資料 No.7-3-1 の P6 の No.42 の対応箇所の SWG4 案の下側の更に・・・の文章を取り込むイメージになる。設計事象ではあるがあえて Beyond 条件を考慮しないと機器構造物の耐津波が評価できないので、そういった評価をする為に流速を考慮した敷地内の評価をする必要があり、その評価書を第 5 章の中に紹介している。

→内部溢水が起こると、基準水位を超えてくるものに対して対策を取るべきかどうかとなる。No.42 の質問に対してはドライサイト前提であればそれでいいのではないかと言ういい方であるが、ドライサイト前提であっても内部溢水は考えるようになっているので、対応を記載しておく必要がある。ところがじわっと出て来た水の対応はあるけど、もう少し勢いを持って越えてきた水に対しての対応は考えなくてもいいことになってしまうので、どういうロジックでこの中に入れていくかを考える必要がある。

・じわっと来るものだけではなくて、基準津波を超えたものについても体制が必要であり、第 7 章に基準津波の何倍まで越えて入ってきても持つかという裕度も評価しておかなければいけないことが記載してある。超えたものについてもしておいた方が規制委員会も基準以外に安全性向上と言うことで、実際に越えたものに対して法律ではないが事業者にも 4 年に 1 回信頼性向上の努力義務として、超えた時にどう対処して、信頼性を向上するのかのガイドラインも出てきている。後出しでそれが出てきた時に、この規定に含まれていないと分科会で審議したものを修正して再提出することとなる。他の方でご存知の方がおられれば意見を頂きたい。

・今後ステップ 2 を実施する時に、構造物がどれだけ持つのか評価手法で考えた時に、例えばフル度数を細かく検証しておくべきだと言うところで、じわっとしたものだけで今後の評価方法を検証することでいいのか、ある程度の流速までを想定して評価式を構築していくべきかと言った前提に繋がってくる。

・パワーポイント資料の P2 の変更後に設計上想定する津波（基準津波 Ts）とあり、それを超えた所は推奨事項となっている。一方下の所は規定となっており、ここの越えると言うことは、基準津波を超えると言うことなのか、基準津波は設定するけど、機器の耐津波設計の信頼性を向上するために考慮することなのか、それによって位置付けが変わってくる。

→均衡性の配慮は想定津波の中ですることと議論した。その理由は、津波によってもものが機

能を失うのには、越波もあるし、防潮堤を基準津波（Ts）ギリギリで設計したため壊れる確率が高くなり構内に水が浸入してくると言う事も含め、その設備に対して流速も含めた設計をするかどうかは、総合的な信頼性を考えて物の強度等を見て設計するべきであろうと考えたためである。基準津波の下でマージンアナリシス等のイメージで記載している。越波した場合はどうするのか、当然そのための配慮が必要である。例えばプラントを止める、冷やす、閉じ込める一つの成功法の本一だけでも確保する様な工夫も必要であり、その工夫のためにはP S Aとかをマニュアル化して余裕の高い所を持っておくことが出来るのではないかと言うイメージである。第7章ではそういう意図で記載しているが、コメントにもあるように、マージンアナリシスだけでなく、将来的にP S A等を作成する場合に正規に評価津波に対する概念にそのP S Aの値が入ってくる訳で、その辺がこの基準の中にどう記載するか難しい所であるが全体意見の考え方に含めて波圧に対する機器の設計も記載している。越波に対してもこの基準の中で無視するわけではなくて、第7章に取扱い方あるいは推奨事項の中で記載している。先ほどの表の見直しについても、これに沿って記載するのであれば、

a. 1. 基準津波の内側の所でその均衡性を計画しますとなると考える。

- ・その範囲の中で機械側としてこういう評価が必要です。更に今後P S Aも考慮して評価が必要ですよと言う前段があってそのような評価方法を並べ連ねましょうという入り口論の所だけコンセンサスをとると言うことか。

→その通り。

- ・No.39, 40 のコメントで SWG 1, 3 の案で地震力と津波荷重の組み合わせは、耐震 JEAC に委ねることにしたいとしているが、まだ耐震 JEAC の改定が済んでいないので、耐津波 JEAC にある程度記載するように、第1章に記載されているので、第4章もそれに整合させた形で追記をしたいと考えている。

- ・No.60 の衝撃段波波圧についてだが、この事については規程に記載しているのか。

→明確な記載はない。しかし段波と言う言葉ではないが短時間の波力に対する考え方は記載している。数式化は無理で構造物との相互作用にも影響されるかもしれないし、まだ研究過程である。どこかの式で係数を安全側に見ればいいというものではない。言葉としてどこまで記載するかと言うのは悩ましい。

- ・昔、ダイナミック破壊と言う研究をしていたが、短パルスの衝撃的な荷重の場合には、荷重のピークだけ見れば高いが、時間が短いということで力的に見れば小さいという観点と、構造物の応答の持つ固有周波数と実際の事象の時間とがマッチしないと、ほとんど影響しないと言うような普通スタディックな荷重といきなりピークの荷重と比べるとある程度影響が小さい方向に行くが。一方で材料の破壊強度は一般的にはゆっくり掛けるよりも早い荷重で掛けてきた方が材料強度は下がるという観点もあるので、その両方が全体的に見ると絡んでくる。ただ、材料強度が下がるという話も程度問題でそのような事例を探すことは難しいので、概念的には学術的にも考えられるので、今の時点で明確な証拠があるとか、理論があるとか、実験データがあるとかでなければ、この規程の段階では記載が出来ないと考える。

→最初はそのようなこともあって空白にしておこうかと考えたが、空白だと議論が出来ないので苦肉の策で記載した。

→参考6の耐津波規程案の付属書(参考)3.2の三次元流体解析の適用に絡んでくるように考え

るが。付属書(参考)3.5はこの三次元流体を使うとっていて、基本的には非圧縮性非粘性流体を使用していて、さっきの話は圧縮性流体と衝撃波圧の問題は衝撃の世界では根深い議論である。ただ時間的には瞬時であり軌跡的には大きなものではないであろうと考える。具体的には記載していないが、課題としてこう思われるのかなとっている。

- ・これを具体化しようとして、波圧をより精密に評価する場合にはとすると記載し過ぎではないかと思っている。
- 三次元流体解析について非圧縮性の流体として評価している部分もあるが、実際には圧縮性流体もあるので正確に評価すると圧力のパルスが出ることがある。ただ複雑なのは流体だけの事を考えると圧力のパルスは出るが、構造物が短時間のパルスに対して応答するかどうか、材料のダメージにきくかどうかはまた別のものである。そのことはこの中では触れていないし、圧力パルスにより壊れたという事例が具体的にあるとか、実験データがないとすれば、いずれにしてもこの規程の中に記載することは今でなくてもいいと考える。
- 参考6のP3-26に波圧の分類を記載しており、意見を頂いた方もここを見られて意見をされたと思うのだが、解図3.3.6に津波波圧の分類があり、この図の中にも衝撃津波波圧のキーワードがある。SWGの中でもこの図を採用するかどうかの議論をして採用することとした経緯もあり、今回衝撃津波波圧については記載しなくてもいいのでは等の意見があったが、記載した経緯もあり、SWGとしてはこのままの記載としたい。
- ・解図3.3.6の衝撃津波波圧のピークについて評価しなさいとかピークが出るがそれについては評価しなくてもいいとの記載があるのか。
- そこまでは記載していない。衝撃津波波圧を受け取る側がどのような機器なのか分からないし、ダメージを受けるものもあるかも知れないが、周期がずれているので応答しないものもあるかも知れない、受け取る側がどう判断するかは実験データ等の証拠がないので物の体力については記載できない。外力としてはこれ位あると言うのは記載できるので落としてはいけないと考えた。
- ・今の何処かでこれを評価しなさいと言うのが、波力だけでなく対策も含めて出ているのであれば、評価の仕方は分からないが、とりあえず評価しなさいと記載してもいいが、今まで言われていないのであれば、記載する必要はないと考える。それが本当に効いてくるケースと言うのは条件の組み合わせが難しいので、あるかないかの事ではないかと考える。それ位であれば今は抜いておいて、もっと実験データ等が積み上がってきたら、JEACに記載することでもいいと思っている。No.60の質問も今後課題になる可能性もあると言っているので、今でなくても良いと考えるが。
- コメントを頂いたものを上位の委員会に出すにあたり、対応方針を空欄で出すわけにはいかないのでは記載することとした。
- ・No.44でコメントの主旨が対応方針の記載内容と違うのではないかと考える。SWG4でコメント内容を考えた時に、最も低い許容津波高さの起因事象だけについて、ヘディングにして影響緩和機能の評価も実施し、単品だけで評価するのではなく、起因事象を複数考えた上でその収束内容を幾つか評価し、耐津波に対して最も脆弱なところを明確にすることが大事ではないかと言う質問と考えた。その意味だと最も低いという言葉が適切ではなく、特定の起因事象を選定するステップではなく、起因事象を選んでそれぞれに影響緩和機能まで含

めて評価をして、最終的にクリフエッジになるようなものを特定していくという表現になるように適正化をするというのが、対応方針だと考えるので確率論の話ではないと考える。

→No.44 の質問の意味が分かりにくいのでコメント者に確認したいと考えている。

・該当箇所は第 7 章の附参 7.1-6 にあるフローの⑤の補足説明の所に最も低い高さの起因事象を特定するとあるが、各起因事象について関連設備の許容津波高さを評価して、許容津波高さを特定する。いわゆる起因事象を一つに絞るという表現に見えてしまっているが、一つに絞らないという表現にする方がいいと考える。それに対する補足として次ページに、幾つかの起因事象についてプロセスを踏んでいくと言ったコメントかと考えた。

→附参 7.1-7 のイベントツリーを見ると、残留熱除去系による徐熱の許容津波高さが最も低く 13.7m であり、この残留熱除去系を強化するかの判断をする時に、実は FV 値を出してみると他の所の方が改善効果が高いと言った箇所があればそこを対応するべきであるだろうとの理解をした。

・許容津波高さが最も低くて起こる確率が一番高いとは限らないということか。

→そう言うことである。

・質問の解釈が分かり難くて、例えば規程案の P7.2 の解説の初めから 3 行目に耐津波性能評価は個々の施設は性能目標を満足しているが、特定の施設が支配的となり施設全体の耐津波性能を決定づけることが無いよう評価しなさいと言っている。この目標達成のためにはマージンアナリシス等方法はいろいろあるが、PRA のイベントツリー並びにフォールトツリーを使用して事故シーケンスを評価していくことになるが、個別の評価については確定論で充分であろうと記載してある。ただいきなり PRA が出てくるのが不思議に思っている。質問の解釈にもよるが、確かに確率とか CDF が出てくるので質問の意図が分かり難い。

→基本的には設計基準なので、確定論的に基準津波に対して設計評価していくという意味では、第 7 章では基本的には確定論的にマージンアナリシスを実施していき、裕度を確かめて成功且つばらつきをどの位のばらつきだったらいいとするかはこれからのことであって、一つの成功シナリオが例えば 5m というのがあれば他と比べて弱いから特定のものが脆弱だと言えるのでそこは改善していく。更に超過津波を考えた場合には津波 PRA の事象があって超過津波に対する確率論がある。その中で余裕を上げていくような設備の抽出と言うのは FV 値を確認することで可能である。そういった手法を第 7 章では取り入れると記載すれば質問者への回答となると考えている。

・No.44 の質問の中に特定された起因事象の発生確率が他の起因事象の発生率に比べ低いケースも想定されるとあるが、この起因事象とは何を差しているのか。第 7 章で議論しているのは津波だけだと考えるが。

→おそらく津波が発生した時に一番頭にくる事象は、例では外部電源喪失が記載されているが、その他にもいろんな事象が想定される。そこからこのような図を書いている。ここで起因事象を理解しようとするれば外部電源喪失でありそれが一番初めの事象である。

・その上の行にある最も低い許容津波高さの起因事象というのは何か。

→例えば外部電源喪失だとか、冷却材喪失とか、この一番頭に来ている事象を津波による発生確率という。津波が来た時に必ず外部電源喪失が発生するというものもあるし、もっと確率の低い事象もある。単にここに書いてある数字の通りここまで持ちますという余裕だけで

判断した時にその一番低いという一連のフローの発生確率が一番低いと言う事もあると言われていると考える。

・道具として何を使用するか、PRAを使用してはいけないとは思わないけど、今ここでは決定論でやることとし、この規程の中では設計との連続性も考えていいと思って議論して記載している。

・附参 7.1-6 の今のフロー案でいくと、許容津波高さが低いものからフローを回していき、それがOKだと次に許容津波高さが低いものを調べるようになっている。それで発生確率では逆転していたとしても抜けはないといえるのか。

・附参 7.1-7 の起因事象は津波の高さが 12.2m になると必然的に発生する訳で、それぞれの事象に対して発生する津波高さを出して行って一番低いものが一番低い津波での発生確率が高い訳なので、このフローでPRAを行った時に最初にこれをしなさいと出てくるのではないか。

→例えば 12.2m で外部電源喪失が喪失します。外部電源が使えなくなった時に、あの手この手を使って収束に持って行くのだが、影響緩和のパスが全て記載されていて、この中だと外部電源喪失の 12.2m の津波が無くなったとしても、一番下に記載してある 16m まで大丈夫ですよと。収束シナリオ③で 16m の津波が来ても外部電源の代替手段を使って 16m の津波までは収束できますと言う表現になっていて、そこにあたるのが前頁の特定された許容津波高さはこの 16m にあたると解釈されて、次の起因事象が発生する許容津波高さは幾らであるか外部電源のセカンドチャンピオンに対してこれよりも小さければこのシナリオで収束すると言えるという事を言っていると考え。とこの表現でおかしくないと思う。

→ここの部分は先ほども議論があったように、基本的に我々の設計ということでその中である程度の修文が必要という範囲で直せるかどうかを検討し、その範囲で上位へ提出しコメントを頂くこととしたい。一か所だけを見て回答を探そうとするのではなく、もう少し周辺を見た上で全体のフローと質問の意図とで問題ないようには思うが検討頂きたい。

・JEAC/ JEAG についてですが、先ほども充分説明されたし、前回の検討会でも議論されたことですが、全体の設計が記載されている設計スキームが一番のポイントだと考える。一方で個別の評価手法は現時点でアベイダブルなものをよりベストなものに盛り込んでいるが、この部分はこれから新しい知見が蓄積されバージョンアップしていくこととしており、JEAC としての性格を十分備えていると考える。回答方針としては出来るだけなせ今回 JEAC とするのかを強調する形で作成するようにし、評価手法の図で JEAG に見える所においては次のステップで検討していくような形で纏めて頂きたい。勿論両方とも重要ではあるが、津波対策の時に設計するかどうかについて、ほとんど何も無かった所から作成し、新規基準にかなり合っている所もあるので、ぜひ JEAC として行きたい。

・No.61, 65, 68, 70 の質問で防潮堤の記載について、盛土による防潮堤を採用している事業者もあるので、盛土についても記載して頂きたい。

→拝承

・先ほどの附参 7.1-7 のイベントツリーで、図中の各イベントに高さが記載してあり、外力が何であろうと機能喪失する高さを表していて、実際は同じ一つの基準津波でも物のある位置での津波高さは変化するし、何か物が壊れると違ってくると思うが、イベントツリーの

流れで見た時には分からないのか。あくまで、ハードの位置の高さを表しているだけで、外力との兼ね合いでとなると、PRAのような世界になってしまうのか。例えば敷地が広くて場所によって水位の高低差があるような事があったり、ある山があつて山で反射してくるものがあるために高さが違うと言った効果は入らないのか。

→津波のPRAのあり方と最終的にはハザードと対応させなければいけないので、沖合いの津波高さをキビナリクチャースイエンズミットという意味でもそうすべきだと考える。例えば「逃し安全弁による原子炉圧力制御」は18.2mであり、沖合いの津波高さは18.2mであつて、越波するかどうか遡上解析し、設備の所でも外力を出して持つか持たないかの判断をする個別の位置での高さであり、チェックをしてどうかということになる。多分これはストレステストの時の事例であり、簡便にレビュー冠水のようなことを考えていたのかもしれない。いずれにしても独立変数は沖合いの津波高さになり、PRAの要求にもそうなっている。ここには具体的に記載はないがそういうやり方になると考える。

・全体がストレステストのイメージで、確率という話ではなくてイベントツリー等はPRAと同じやり方が使える。真面目にやると機器の応答まで行かなければだめだし、個々のFV重要度みたいな話まで行かないといけない。ただし、そうするとシナリオに確率が入ってくるので分かり易くなる。

→この構成は基本的に第7章の本文がP7.1, 7-2にあつて、解説もあつて、解説だけ読んでいると単純な津波高さだけでいいとは書いてなくて、前段までに色々な事を実施してきたことの全体をインストルメントして全体の評価をなささいとなっている。

・第9章の被害事例について、写真を付属資料にした方がいいのではとの意見があつたが、改めて確認していたら、例えばP9-5の原子力発電所施設(屋外タンク)の損傷モードに「波力による座掘」とあるが、タンク全周にわたつてなるモードの時は、波力なのか水圧なのか。P9-11の真ん中2つに「波力による破損」との記載があるがこれはどう見ても地震によるものではないかと思えるものであり、言葉が不適切なものが散見されるので、各専門の方で報告書の記載が違うものは備考に記載するようにしてはどうかと考える。

→事故等があつて被害事例と言つた時、原因は調査委員会が調査して公式見解を出したものがこういう事例とて見ることが出来る。全ての例の原因の部分が正確かどうかは分からない。回答案としては対応方針にあつたように、参考資料の扱いにすることとし、記載内容については皆さんで確認し表現等見直しを行つてほしい。10月4日に提出する物はきちっと修正すること。

・資料No.7-3-2でSWG4からSWG1への確認ということで、No.18に津波防護施設として「建屋内・外壁」を定義しているがそれで良いかとの確認であるが、規制規則では建屋を津波防護施設にも浸水防護施設にも定義していないと言われているが、基準規則でも建屋と言うよりは建屋の内壁や床を津波防護施設に定義しているので、基準・規則をよく読んで意図を汲み取つて今の用語の定義を作成している。「建屋内・外壁」は津波防護施設と考えている。また、水密扉と同じ機能であるが、水密扉は浸水防護施設なのに壁は津波防護施設でいいのかとの確認であるが基準規則と同じ整理にしている。基準規則は機能で分けているというよりは土木建築構造物は津波防護施設、設備・機器系は浸水防護設備というような分類になっているので、それに合わせてJEACの分類もそうしている。

- ・ No.39, 40 多重組み合わせの部分について意見があるがどうするのか。
- 対応としては第1章の方に記載し表現の見直しを行う。

(5)その他

- a. 事務局より次回の原子力規格委員会の予定は、12月17日 or 12月24日で検討中である。
- b. 事務局より次回の耐震設計分科会は10月4日に開催されるので、資料を前日の午前中までに提出をお願いしたい。また、11月にも臨時で耐震設計分科会を開催する予定である。
- c. 次回の検討会は、10月4日の耐震設計分科会の審議状況により開催日を調整して連絡することとした。(10月末～11月初め頃に計画予定)

以上