

静岡県防災・原子力学会 第4回津波対策分科会 会議録

平成25年3月15日(金)

静岡県庁別館5階危機管理センター東側

午後1時30分開会

○司会 ただいまから、静岡県防災・原子力学会平成24年度第4回津波対策分科会を開催します。

開会に当たりまして、松井会長から御挨拶をちょうだいしたいと思います。松井会長、よろしく申し上げます。

○松井会長 津波対策分科会の開催に当たりまして、静岡県防災・原子力学会の会長として、一言御挨拶申し上げます。

委員の皆様には、大変お忙しい中、本日の会議に御出席いただき、ありがとうございます。

本日の会議の議題は、浜岡原子力発電所の津波対策についてであります。当会議で浜岡原子力発電所の津波対策を議題とするのは、一昨年3月の福島第一原子力発電所の事故発生翌月に急遽開催しました臨時会、その後に設置した津波対策分科会を合わせますと、今回で6回目となります。

福島第一原子力発電所の事故以降、原子力発電所の津波対策の強化が全国的な課題となっておりますが、昨年8月に国が発表した南海トラフ巨大地震による津波に関しては、波高が最大で19メートルと想定されていますが、浜岡原子力発電所の対応については、県民の皆様にとっても関心の高いテーマとなっております。

本日は、国による津波想定を踏まえた、浜岡原子力発電所の対応について説明していただくことになっておりますので、委員の皆様には、それぞれの御専門の立場から、忌憚のない御意見、御提言をいただきますようお願いいたします。

以上、簡単ですが、私からの挨拶とさせていただきます。

○司会 ありがとうございます。本日の委員の出欠につきましては、お手元の配付資料に記載したとおりでございます。委員9名中5名の皆様の御出席をいただいております。それでは議題に移ります。

議事の進行は、分科会の会長でいらっしゃいます、今村先生をお願いいたします。今

村先生、お願いいたします。

○今村分科会長 今村でございます。議事の進行を務めさせていただきますので、御協力のほど、お願いいたします。

次第を見ていただきたいと思います。本日は1件でございます、浜岡原子力発電所の津波対策についてでございます。

それでは、この議題について、中部電力から説明をお願いいたします。

○中部電力（仲村） 中部電力土木建築部の仲村でございます。

東日本大震災から丸2年が経ちましたが、浜岡原子力発電所では、津波対策工事を着実に進めており、昨年末には海拔18mまでの高さの防波壁もでき上がりました。

一方、今も御紹介がありましたけれども、昨年8月に内閣府の津波が公表されまして、それを踏まえた津波に対する安全性を確認するとともに、防波壁の嵩上げなどの追加の対策について公表し、津波に対する安全性をより一層高めるということで、現在取り組んでいるところでございます。

本日は、当社から、内閣府津波の評価結果を踏まえた津波対策の強化について御説明させていただくとともに、防波壁に作用する波力の考え方と、その検証を兼ねた水理模型実験をやっておりますので、その点について御説明いたします。

もう1点、仮に防波壁を越流した際に、敷地内に浸水した津波がどんな挙動をするかということでの水理模型実験を別に行なっておりますので、それについても御説明させていただきます。

また、本日は、これまで防波壁の設計などや水理模型実験に関して、いろいろと御相談してまいりました、名古屋大学名誉教授の浅岡先生と、名古屋工業大学の喜岡先生にもお越しいただきました。私どもの説明の後に御意見をいただくことで考えておりますので、よろしくお願いいたします。

それでは、まず当社の石黒の方から説明をさせていただきます。よろしくお願いいたします。

○中部電力（石黒） 中部電力土木建築部の石黒と申します。よろしくお願いいたします。

それでは、お手元の資料に沿って御説明いたします。

本日の御説明内容は、先ほど御紹介がありましたとおり、大きく3点ございます。この真ん中の「防波壁に作用する波力設計」。これは嵩上げの状態も含めてですが、それを中心に、そのきっかけとなりました内閣府津波を踏まえた津波の評価結果。それからさ

らには、いろんな取り組みをやっている中の1つとして、別の実験についても御紹介したいと思いますので、よろしくお願いします。

それでは最初に、内閣府の津波の評価結果を踏まえた対策の強化についてということで御紹介します。冒頭御紹介ありましたように、内閣府の方から、昨年8月に、浜岡発電所付近の海岸線では、最大19mという津波高さが公表されました。私ども内閣府から、その津波断層モデルをいただきまして、私どもなりに津波の伝搬するシミュレーションを行なった結果をこちらにお示ししております。

この平面図で示しておりますのが、シミュレーションの結果得られた最大の水位表示でございます。この状態は、防波壁をもともと18mの計画でしておりましたので、18mの防波壁がある前提での計算でございます。その結果、この防波壁の端から端、A点からB点。これを正面から見たのが、こちらのA点からB点でございます。防波壁の西の端の方では防波壁高さを下回るんですが、東の方では防波壁を越えまして、最大では20.7mの高さになることがわかりました。

このときの時刻歴を、この発電所のほぼ中央付近で示したのが、こちらのグラフでございます。横軸が地震発生からの時間を示しております。縦軸が津波水位。海拔表示でございます。地震発生後約20分後で大きなピークが来まして、その最大値、この海岸付近で19.5mということで、こういった大きな波が1つ防波壁を越えてしまう。ただ、その後また繰り返して第2波、第3波以降来ますが、これは大体6mから8m程度でございますので、今の砂丘堤防の高さを越えない程度というような結果になっております。

今お示した状態で、実際敷地の中がどれ位浸水するかということをお示したのが、こちらの図でございます。先ほどは水位表示でしたが、これは浸水深で表示しております。御紹介したように、防波壁を越えて敷地の中に入ってくる津波、さらには取水槽からあふれるものもございまして、全体では3、4号機の原子炉建屋付近では1m程度、それから3、4号機の取水槽付近では最大3m程度、さらには5号機周りでは1mから6m程度と、このような結果が得られております。

ただ、これも時間経過をよく見てみますと、ずっとこのような状態が続くわけではなく、先ほど御紹介しましたように、防波壁を越えるのは大体1分程度でございます。瞬間的に防波壁を越えまして、一時的に水位が上がりますが、その後数分で水が広がっていったり、あとは取水槽から引いていったりということで、大体浸水から30分後には全体の敷地の中の浸水深さは20cm程度以下になるといった結果を得ております。

今のような浸水状況に対して、私ども、これまでいろんな対策をとってきておりますので、この対策の有効性を評価した結果、たとえ壁 18m の状態で内閣府レベルの津波が来たとしても原子炉冷温停止までいけるということは確認いたしました。

しかしながら、そういった内閣府の巨大津波に対しても、敷地の中に入れないという対策をさらに強化するというので、今回防波壁の高さを 18m から 22m まで高くするというのを決定しております。

防波壁は、従来の 18m の高さのものに、上にさらに 4 m 嵩上げするような形で計画しております。このあたりの設計は、また後ほど詳しく御紹介させていただきたいと思っております。

このように防波壁を 22m に高くした状態で、先ほどと同じく内閣府の津波が仮に来たときにどんな状況になるかというのを解析した結果がこちらでございます。

このように防波壁を嵩上げたことによりまして、防波壁を越流して敷地の中に入ってくる津波はなくなります。しかしながら、取水槽が海底トンネルで海とつながっております都合上、そういった開口部からの溢水は残りますので、その結果、最大の浸水深さが、概ね 1 m 程度以下まで低減できるという結果を得ております。

さらに、防波壁の嵩上げと合わせまして、原子炉の機器の冷却に必要なポンプの周りの壁を、従来 1.5m で計画しておりましたのを 3 m に高くするのですとか、さらには冒頭御紹介いたしましたように、5号機周りだけ若干水位が高くなるという結果も得ておりますので、5号機の海拔 15m より高いところにある開口部。こういった開口部にも、自動的に、水位が上がってきたらふたが閉じるような、そういった装置も設置するというので追加対策を考えております。

それでは、きょうの本題となります防波壁に作用する波力設計、それから、それに合わせてやりました実験について、御紹介したいと思います。

私ども、こういった防波壁の設計をどのようなフローでやっているかということをお示ししておりますが、まず最初に、冒頭御紹介したような敷地外の津波の伝搬シミュレーションを行なって、防波壁地点でどれぐらいの津波の水位が起こるかを計算します。それをもとに、私ども、既存の研究成果を活用しまして、防波壁に作用する波力というものを設定いたしました。その私どもが設定した波力というものが、浜岡の地形とかそういったものを考えても妥当なものかどうかということ、実際に水理模型実験をやりました確認したという、そういう流れで設計について取り組んでおります。

こちら、防波壁に作用する波力をどう考えているかということです。実は去年の3月にも一度御紹介した内容でございますが、簡単に御紹介しますと、過去に朝倉さん達が研究された成果ということで使っております。

これは、津波の進行波といいまして、反射の影響を受けない、進入してくる津波です。構造物に作用する波力を進入してくる進行波の高さの3倍の静水圧で評価できるという考え方でございます。

「静水圧」という言葉が、また後ほど幾つか出てきますが、静水圧というのは何かといいますと、水が溜まったときに、その水深分の力が一番底で働く。例えば3Hという水深があれば、一番底では3Hに相当する水圧がかかる。ですから、この全体の波力としては、この三角形、もしくは構造物がここまでしかなければ台形。こういった面積で圧力が決まってくる。それが静水圧ということでございます。

今回私ども、防波壁を22mに嵩上げしておりますが、その基本的な考え方といたしましては、こういった津波が来たときに、防波壁でせり上がって壁の天端まで行くような状態。そういったものを基本的な条件として設計しております。また後ほど、このあたりも御紹介いたします。

これは、過去に、去年も御紹介しましたけれども、電力中央研究所の実験施設を使いまして、防波壁に実際に作用する波力を測った実験でございます。スケール40分の1の模型をつくりまして、壁の前面に圧力計をつけて、実際に壁に作用する力、波圧を測ったりとか、あと水位など、いろいろなものを計測しております。

これは実験の状況でございますので、飛ばさせていただきます。

それで、このときの実験の成果として得られたものを、ちょっとここに簡単に御紹介しております。これは実験の結果得られました、壁前面の水位の時刻の変化と、それから壁に作用する波力です。先ほど前面で圧力を測りましたと言いましたが、その圧力から壁前面に作用する波力を求めたものでございます。

この結果として、ほぼ最大水深になるときは力が最大となるという結果が得られております。

なおかつ、このとき砂丘堤防がある場合、ない場合、両方比較しておりますが、その有無によっても、ほとんど最大波力は変わらないという結果が得られております。

こちらのグラフは、今御紹介した波力を、静水圧との比較ということで、前のページで水深のグラフをお見せしましたけれども、その水深から静水圧を算定したものを破線

で示しています。すなわち水深の2乗の半分。三角形の面積として、この静水圧は示してあります。

比較してみますと、ほぼこの最大波力、実際に壁が受ける波力というのは、水深から決まってくる静水圧にほぼ等しいという結果が得られているということでございます。

今回こういったように、壁を、もともとの18mから22mに嵩上げした状態で、18mの実験の結果を、今回22mの場合にも使っておりますが、これは同じ、前面が鉛直な壁ということなので、そのまま18mのときの知見を使えると考えました。このように実験から得られている、防波壁にかかる水圧というのは、静水圧分布ということで、この壁の天端のところまで水がある状態で作用する力です。実験で得られているのは、この水色の三角の部分が実際にかかるであろうと考えられる力です。

それに対して、私ども、設計上どこまでこの防波壁に作用する波力を見ているかというのが、この黄色く示した台形で、これは青色の部分も含まれます。先ほど申し上げたように、防波壁の天端、22mまでせり上がるような津波を基本として考えておりますので、そのときには、壁でちょうどはね返って高さが倍になると考えまして、進行波の高さというものが壁の地上高の半分と考えますと、これが16mでございますので、その半分で8m。その3倍を見ますと24mの高さまでのこういった三角形の力を設計上見えています。ただし、防波壁はここから下にしかありませんので、防波壁に作用する形としては、このような台形状になるということです。

これらの数字が具体的にどのくらいかというのは、ここにも書いてございますけど、実験結果から想定される、壁にかかるであろう波力というのは、おおむね幅1m当たりで約140t程度。それに対しまして、私ども、設計ではその倍に相当します1m当たり280tという荷重を見て設計しているということで、かなり余裕を見た設計をしているということでございます。

それでは、以前の天端高18mのときと、今回嵩上げた22mのときと、どのように違うのかというのを対比してお示ししております。こちらがもともとの天端高18mのときですが、そのときは進行波の高さを壁の地上高12mの半分の3倍ということで、18m分、その壁の部分の台形分で見えておりました。今回は、先ほど御紹介したように、それを24mの高さまで、すなわち8mの3倍で24mの高さまで見ております。

こうなった場合に、壁全体が受ける力というのが従来に増して大きくなりますので、その分壁のつけ根の部分、根本の部分ですね。この部分を、厚さを厚くするという対策

を1つしております。

それから、この嵩上げ部分でございますが、4 m分。これは標高の高いところでございまして、かかる荷重が、この台形の面積分の荷重がかかることとなりますが、比較的下のほうに比べて小さな荷重でございますので、構造上このような荷重を受けても十分持ちこたえるような構造を、今詳細を詰めているところです。概念設計としては、十分鋼構造、鋼材でこういった嵩上げをしても持ちこたえられるという結果は確認しております。

それでは、今申し上げたような設計の、さらにもう少し具体的な考え方をちょっと御紹介させていただきます。先ほど申し上げたように、今回壁の高さが22mになったのに伴いまして、設計外力として、壁のてっぺんまで、一番上端まで達する津波に相当する波力に対して、壁が、そういった力を受けたときに、一時的にわずかに変形しても元の形に戻るといふ、いわゆる「弾性状態」と呼んでおりますが、そういう状態にあるように設計しております。

さらに、その津波高さがもし防波壁を越えてしまうような場合にどうなのかということも考慮しまして、ここには書いておりますけれども、壁を越えるような場合として、25mという水位を設定して、そういった水位が仮に来ても、一気に壁が倒れるのではなくて、また過度な変形が生じない。しっかり壁としての機能をもって津波の越流量を抑制するような機能を持てるように、過度な変形が生じないように、終局耐力よりも下回るような設計をしようということで考えております。

今のお話を、もう少し具体的なイメージ図でお話ししますと、これは構造物や部材に力がかかったときにどんな変形をするかというものを模式的に示したものでございまして、縦軸が力、横軸が変形で、力が増えれば増えるほど変形というのは増えていきまして、かかる力が少なければ、また物は元に戻ると。よく定規なんかを曲げても、少しならまた元に戻るといふイメージです。

それが、ある力を超えますと変形が残ってしまうと。その力を取り払っても、ちょっと変形が残ってしまうという状態、それが塑性領域というところになりますが、その中に終局耐力というのがございます。

さっき申しました、壁22mの天端まで達するような水位条件では、この弾性領域にあるように設計し、さらに25mに津波が達するような状態にあっても、変形はするけど壊れることはない。そういうような状態に置いておこうということで、具体的な設計を

しております。

ちなみに、今 25m という水位を申し上げたんですが、仮にそういった 25m のような津波が防波壁を 22m に嵩上げた状態で乗り越えてやって来たらどうなるか。そういったものを敷地内の浸水シミュレーションをした結果がこちらでございます。この結果でいきますと、やはり 5 号機の周りというのは、ちょっとほかより水深が高くて、最大でも 5 m 程度。他は概ね 1 m 程度ということで、冒頭御紹介したような、壁が 18m の状態で内閣府クラス相当の津波が来た状態とほぼ同じような浸水状態になるということですので、こういった状態でも冷温停止に導けるというように考えております。

最後に、防波壁の設計とは直接関係ありませんが、また別の、敷地の中に、仮にそういった津波が万が一乗り越えて入ったときの挙動を調べる実験をしておりますので、そちらも簡単に御紹介させていただきたいと思っております。

この実験のもともとの目的は、先ほど来御紹介しておりますように、敷地の中の浸水状況を、私ども数値シミュレーションでしておりますが、その数値シミュレーションの信頼性を向上させようということに取り組んでおります。こちらの実験は名古屋大学さんと共同で研究しているものでございます。

これは実験の概要で、後ほどまた動画で御紹介したいと思っておりますが、実験のデータ取りはもう全て終わっております。現状数値シミュレーションの解析検討をしておりますので、また今後その結果をもとに数値シミュレーションの信頼性向上を図っていきたいと考えております。

では、動画のほうを御覧いただきたいと思います。

これはですね、実験の前提としましては、防波壁の高さは 18m。嵩上げする前の状況でございます。津波高さとしたしましては、防波壁の上を 5 m から 6 m ぐらい乗り越えるような津波、そういった規模の津波を流しております。

ちょっと角度がわかりづらいんですが、これが防波壁でございます。ここにあるのが 5 号機の建屋群。原子炉建屋とタービン建屋は一体化しております。あと、こちらにありますのが 3 号機、4 号機を模式化した建物。あとこちらが 1、2 号機。ほかにタンク等を置いているとともに、周辺地形も模擬した模型をスケール 150 分の 1 で作成しております。

今から水を流した状況を御覧いただきますが、模型縮尺 150 分の 1 という都合上、時間も 12 分の 1 になっておりますので、あっという間になってしまいますが、一度流し

ます。

(動 画 映 写)

これで津波が乗り越えて敷地の中に入っていきます。浮標を浮かべて水の流れを確認するとともに、流速や水深などの挙動を測るとともに、あと建物に波圧計も設置しまして、実際に建物にどれぐらいの波力がかかるのか。そういったものも測っております。

本日は、そのデータの一部として、波力の測定結果のほうを御紹介したいと思います。

今御紹介しましたような実験で、これは各地点の水位を計測したもので、横軸が時間軸、縦軸が水位でございます。防波壁の前面ですとか、3、4号機の建屋の前面、あと5号機の前面で測っております。それで、シミュレーションでも出ておりましたように、やはり5号機のところは、壁との距離が近いということもあって、水が抜けにくいということで、3、4号機よりは高めの水位が出るという結果が出ております。

こちらが実際に波圧計から計測した波力と、あとそれに重ね合わせたのが、破線で示しておりますのが、この前に御紹介した、水深から換算した静水圧を重ねて書いたものでございます。

防波壁のときは、この静水圧換算の波力と実際に測った波力はほぼ一緒だったのですが、こちらの結果でいきますと、水深から換算した静水圧相当の波力よりも実際に測った波力のほうが上回るというような結果が得られました。

このあたり、私ども、建物に作用する波力につきましては、最新の研究の知見を踏まえて、浸水深の2倍を設定するというような知見も出ておりますので、そういったものを今評価しております。この結果と照らし合わせますと、水深の2倍の静水圧を見ることが、ここで今お示ししてあります静水圧の、さらに4倍、2乗で効いてきますので4倍の静水圧になってくるかと思えます。それと比べると、今回計測された波力というのは十分下回っている波力というような結果が得られております。

最後に、今後の対応でございますが、内閣府のほうで、地震動については、まだ最終報告は出ておりませんので、また今後その動向を見ながら、地震のほうも引き続き評価していきたいと考えております。

それから、今国のほうで、新しい地震・津波に関する安全基準、ほかにもSA対策に関する安全基準を検討されておりますが、その動向を見ながら、必要な対策は適切に行っていきたいと考えているところでございます。

それでは続きまして、先生のほうからコメントをいただきたいと思っております。よろしく

お願いします。

○浅岡名古屋大学名誉教授 私、名古屋大学の土木教室にずっと勤めておりましたが、今はもう定年退職いたしまして東京のほうにおります。けれども今日は、昨年3月に第三者の立場から防波壁の性能を御説明した、その御縁でもう一度説明をしたいと思っております。よろしくお願いたします。

津波防波壁の設計に関しまして、その要点でございますけれども、御存知のように、津波防波壁は、鉄筋コンクリート製の地中連続壁を、下駄の歯のように何枚も岩盤に根入れをいたしまして、そういう地中基礎構造物に床版を介しまして、上部構造物としての壁体を、これは空中部分ですが、それを基礎に剛に結合した、基礎と上部構造物、そういうシステムになっております。

その設計のポイントを私なりに考えまして、2つ御説明したいと思います。防波壁に作用する外力は、これはもちろん地震荷重と、その後やってまいります津波波力の2つですけれども、地震が起こりますと、最初に地震外力が、この基礎構造物のほうに作用します。岩盤に定着されております基礎が、岩盤の上でございます砂礫層、砂質地盤、それからすぐ隣でございます砂丘堤防、そういうものが地震で揺れまして、その地震時の地盤の揺れに伴う荷重を受けます。基礎にとりましては、この周辺地盤から来る地震荷重、地震時動土圧ですけれども、これが支配的でございます、これに比べますと、地震が済んだ後に壁を通して基礎に伝わってまいります津波の波力というものは、これは基礎にとりましてはそれほど大きなものではありません。このことを私どもは、この防波壁の基礎の設計諸元は「地震が支配的である」とそういうふうに申しております。

昨年3月に一度説明させていただきましたが、私たちが設計計算したこの基礎が本当に地震荷重に対して安全なのかどうかにつきましては、これは実物大実験なんてとても出来ませんので、遠心模型実験で確認をしてきました。岩盤と、その上の礫層、砂質地盤、それからお隣の砂丘堤防、そして防波壁の基礎。それから空中に出ている壁。こういう全体を、縮尺30分の1の模型をつくりまして、遠心力を用いて30Gの重力場に置きまして、そこへ実物大換算で1,800ガルから2,300ガルの地震で加振をしたわけでありまして、それでも壁の変位、それから基礎のひずみにつきましては、特段の特異な現象が現われないことを、私自身も確認をいたしまして、一安心したわけでありまして。

これが、もう一度申しますがと、防波壁の地中基礎の設計は地震荷重が支配的であるということであり、これが設計のポイントの1つであります。

昨年十分に御説明したかどうかは別にいたしまして、今度は次に空中に出ておる防波壁。これですけれども、この壁の防波壁の設計で一番重要な点は、今度は津波が壁に作用する外力、その津波波力を正確に評価することができるかどうか、これにかかっているという点であります。

どうしてかと申しますと、上部構造物としての壁体の設計は、今度は基礎とは逆に、地震力ではなくて津波波力が支配的であるからです。ここが大きなポイントであります。

その津波波力につきましても、先ほど中電の方が説明しておられましたけれども、水理模型実験によって、設計で考慮する津波波力は十分に安全側の妥当なものかどうかを確認しております。

実験の結論そのものは極めて明解でございます、防波壁に作用する津波波力は最大水深の静水圧にほぼ等しいというものであります。これは実験で確かめた結果でございますけれども、しかし設計ではさらに余裕を見てですね、壁高いっぱいの最大水深の、さらに 1.5 倍の静水圧をとって、これを設計外力にしようということにしております。つまり、津波による壁体に作用する外力は、設計ではかなり余裕を持って、大きく設定されている、このことを水理模型実験で確認してきたという事情がございます。

このたび防波壁の高さを 4 m 嵩上げいたしますが、その結果、その嵩上げされた壁の高さいっぱいの海拔 22m に相当する、そこまで津波がせり上がってきたときにでも、その 1.5 倍の大きめの設計外力に対して防波壁各部材は弾性限界内にある。塑性変形を起こさない余裕の範囲にあることを、これは実験でなく計算で確かめております。

上部構造物としての、空中に出ている壁体に関しましては、これは遠心模型実験で、地震時の揺れの確認はしておりますけれども、鋼の鋼殻、構造としての壁体の変形と強度に関する模型実験そのものはいたしておりません。鋼材でありますとかコンクリートのような剛性や強度が正確に与えられる人工材料の場合は、地盤のような不確実性の高い自然材料とは異なりまして、外力さえ正しく与えられれば、構造物の応答のほうは正確に計算ができるからであります。しかも弾性限界内の応答計算というのは、これは線形計算でございます。したがって、設計外力に対して構造物の各部材が弾性限界内に収まるような構造形式の計算は、これは連立一次方程式を解いて正確に計算することができますから、計算で確認をしている。またそういうものの精度は、既に多方面で確認済みのものでありますので、何の問題もないというふうに思っております。

私のほうからは以上です。

○今村分科会長 議論の時間が大切ですので、よろしいでしょうか。

喜岡先生から、短く、どうぞよろしくお願いします。

○喜岡名古屋工業大学教授 それじゃ、短く。

分科会会長か委員の山本先生に説明いただいたほうがいいのかと思うのですが、波力については、特に先ほど浅岡先生から御説明のありました、今回 22m に嵩上げされた時点で、新たな模型実験等の確認が必要かどうかという点についてだけ補足させていただきます。

今、御説明いただいたような波力特性、特に進行波の水深の3倍をとる朝倉の式で安全側であるということについては、18m の防波壁を 22m に嵩上げしても、一応相似性は成り立ち同じ式が使えます。長周期性の波の静水圧で効いてきますので。そういう観点から、22m につきましても同じ設計波力の考え方が使えるということと、特に砂丘の影響については、確かに入ってくる津波の高さと砂丘の相対的な関係が変わりますので、それについては若干心配なところがあったのですが、18m の実験のときに、防波壁を、5m 超えるような、入射波高の大きい津波についての実験をやっていますので、その実験結果の衝撃波圧が設計波力内に入ることによって砂丘の影響を確認しております。ですので、今回の 22m についても従来の波力に関する考え方がそのまま使えるという結論であります。

もう1つの、後半で御覧いただいた、敷地内への浸水実験については、これは分科会の水谷先生にコメントいただいたほうがいいと思うのですが、先生方御承知のように、ああいう平面的にも複雑な建物等の形状に対して、特に高い防波堤から越流するような遡上津波の挙動というのが、もうひとつよくわかっていないところがありますので、シミュレーションの再現精度の確認という意味でも、今回新たな実験をやった意義があります。あと波力についても、例の津波避難ビル等に係るガイドラインがあるのですが、ああいう高い天端の防波壁背後に建物があるような場合、あと、その天端から建物の距離が非常に近いような場合の指針は示されていません。波力は、越流点からの距離とか建物の浸水深、あるいはそのときの流速とか建物の形状、配置状況といったことで、非常に変わりますので、そういったところを今回新たにきちんと確認しようということで、たぶん学術的な意味があるので、海岸工学論文集等の学術誌に発表される結果かなというふうに考えています。

以上です、時間をとり済みません。

○今村分科会長 はい、ありがとうございます。

以上で御説明のほうはよろしいでしょうか。——はい、ありがとうございます。

ただいま御説明いただきました、この対策について、御質疑をいただきたいと思えます。どの点からでもよろしいかと思えますが、質問またはコメント等いただければと思えます。いかがでしょうか。

はい、原田委員。

○原田委員 詳細な検討をしていただいているなという印象を持ちました。

1点お聞かせいただきたいのですけれども、水理実験、平面水槽で行なわれているのですけれども、このときの入射波の条件というのは、数値計算で得られたような沖合いのものを平面的に入れてるのか、それともある程度条件を合わせるような形で入れているのかというところは、どうでしょうか。

○中部電力（石黒） 今の御質問につきまして、御紹介しました平面水槽の実験のときは、造波機の能力から、どうしても造波板で押して波を発生させますので、単一な波です。孤立波的な波を発生させております。

シミュレーション上の波は、冒頭御紹介したように、同じ敷地前面でも、場所によって高さの高い・低いがございますけれども、そういったところの再現はできておりません。あくまでも実験のシミュレーションは、壁を乗り越えて敷地の中に入った場合に、どんな挙動をするか。それを実験と解析の両方で、同じ条件でまた解析もやって、そういった解析の信頼性向上につなげようという目的でやっておりますので、波の詳細な条件までは合わせておりません。

○今村分科会長 よろしいでしょうか。

はい、そのほかいかがでしょうか。

それでは、私のほうから何点かあるのですけれども、まずは重要な点、17ページを出してください。

砂丘の影響ですけれども、これもちょっと図が小さくて分かりづらいですね。17ページです。まず水深を比べますと、砂丘があることによって、これは壁の前面では水位は大きくなるということでしょうか。

○中部電力（石黒） こちらの水深、ちょっと色が見づらくて申しわけないのですが、この黄色と黄緑っぽい、最初にぴよんと立ち上がるほうが砂丘がない場合で、赤青のほうが砂丘がある場合でございます、やはり砂丘がない場合は、平面上を波が走ってきて、

壁にどんと当たるようなイメージで、衝撃のものが瞬間的に上がります。それに対して、砂丘を乗り越えるほうが、あんまりそういった初期の水深の上昇はないという結果です。

○今村分科会長 ないと出ていますね。そこでの反射波が小さいという解釈を入れて下さい。

○中部電力（石黒） はい。

○今村分科会長 次に波力ですけれども、これもどちらの条件かわかりづらいですけれども、波力は、壁に働く全体の力ですよ。

○中部電力（石黒） そうですね。この波力というのは、6点で計測していると申し上げたのですが、その6点の計測点を積分といいますか、総和したものでございます。

○今村分科会長 それを見ると両者の差は少ないという解釈でよろしいのでしょうか。

○中部電力（石黒） はい。そうでございます。

○今村分科会長 ただし、我々が懸念していたのは、砂丘を越えますと、越えたところで越流する、越流すると、その壁の下のほうです。そこで力が強くなるのではないか。波力が強くなるのではないかという懸念があったのですが、それに関してはいかがでしょうか。

○中部電力（石黒） はい。昨年御紹介したものでご説明します。

○今村分科会長 越流した後、かなり流速が大きくなって加速されますので、壁の下あたりで力が、波圧が大きくなるのではないかという心配をしていましたが。

○中部電力（石黒） こちらのグラフはですね、今御紹介した実験の波圧の細かいデータをお示ししております。このひし形でプロットしてございますのが、壁の前面に波圧計を6点設置しておりますが、その各点のデータでございます。例えばですね、青い四角というのは、各点における最大波圧 P_{max} 、いわゆる最大値でございます。それを等時刻で結んだのがこの線でございます。例えば1回目のデータでございますと、一番下でこの最大波圧が出ているときには、2点目以降ですね、それより上のデータというのは、もうほとんど波圧が出ていない。やはり先端だけがどんと当たっている状況でございます。ほかのところも、やはり最大値を取ったときのプロットをしておりますけれども、いずれの場合も静水圧が、これは1の線でございますけれども、荷重の総和としては、この面積で見ていきますと静水圧の中に収まっているということを確認しております。

○今村分科会長 はい、わかりました。ありがとうございました。

そのほかいかがでしょうか。質問等、なければ続けてよろしいでしょうか。

浅岡先生から、地震荷重と津波荷重、2つございまして、今回は地震荷重のほうがかなり大きいのだと。この資料は、前回の分科会で出していただいたものですか。今回はそれよりも変化はないので出していないということですね。わかりました、はい。

それで、今回津波荷重に対して、耐力といいますか、強度を見ていただいたのですが、1つやはり懸念なのは、波圧ですので、モーメントとしてかかるだろうと。そのモーメントに対する安全性の確認というのはされておりますでしょうか。

○浅岡名誉教授 もちろんしております。

○今村分科会長 もちろんやられていると思いますが、その結果等をやはり出していただいたほうが、こういうときの議論にしやすいと思いますので、ぜひお願いいたします。

あと、やはり地震動と津波荷重の比較というのは、常に議論という点で大切だと思いますので、付録とか、そういうものでも確認できるようにしていただければと思っております。

はい、ありがとうございます。

そのほかいかがでしょうか。山本先生、どうぞ。

○山本委員 与えられた条件に対して、いろいろと大変な検討をされているなという印象を受けました。ただ、ちょっとですね、どうしても最後まで気にかかることがあります。内閣府の与えられた地震想定、津波想定に対して、「こんなにいろいろ検討し、余裕も見ました」ということですが、それに対しては大変な努力をされているというふうに感銘を受けております。ただ、御存知のように、アスペリティ等の設定に関しては、かなり不確定要素があるのですよね。内閣府で決められたのも、明確に「あれしかあり得ない」ということで決めたものでは全然なくて、いろいろ考えられる中で適当に考えたらあれだったという話に近いところがありまして、そうすると、いかに余裕を見ているか。前から申していますけれども、余裕を見ているかが大切になってきます。それで、かなりいろいろ余裕を設けていますという印象は受けていますが、万が一起きたときの経済性。それからそういうときに備えての県民の方の安心感というのを考えたとき、具体的な質問なのですけれども、22ページのところで、設計外力を超える入力ということで、25mという値が設定されていますが、この25mというのが、どういうものかよくわからなかったのです。説明されていたのかもしれないのですが、これは22mに対してせり上がりを考えたら25mになっただけなのではないでしょうか。それとも別な検討で、きちんと25mに

上げましたと。例えば終局耐力、最大耐力のときが 25m ですとか、その辺をちょっとお教えてください。

○中部電力（石黒） 今の御質問ですが、25m につきましては、やはり壁を越えた場合の 1 つの指標として、今御紹介させていただいております。決して今の終局耐力が 25m というわけではございません。御質問にあったように、25m を超えると、もうそれで壊れるのかというものではございませんので、25m よりもさらにまだ余裕を見た設計をしておりまして、1 つの指標として、越えた場合のケースとしての 25m でございます。

○山本委員 わかりました。ありがとうございます。

そうすると、実際には、この終局耐力。これを県民の方にわかりやすい数値。例えば津波の高さでいけば 30m ですとか 35m なのだと。その辺少し、今おわかりならお教えてください。

○中部電力（石黒） そのあたりについてはですね、実際どこまで耐えられるのか、今後まだ評価していきたいと思っております。

○山本委員 それを、じゃ、期待しております。以上です。

○今村分科会長 ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。

はい、後藤先生。

○後藤委員 御説明どうもありがとうございました。私ちょっと、防波堤のほうとは少し違ってですね、防波堤を上げた場合でも、今のままだと、今の御説明だと、取水槽のほうからあふれてくるほうは防げない。止めることができないと。ただ、それはじわりじわり上がってくるものだと思うので、建物に被害が及ぶというものはないと思うのですけれども、それで浸水する時間が、ある程度瞬時に終わるものなのか、それとも長時間にわたってずっと浸ってしまってますね、そうするとその後の復旧にも時間がかかってしまうのかなと思うんですけれども、ちょっとそのあたり、これ多分マキシマムなので、これが瞬時に終わるものなのか、それとも時間のかかるものなのかというのを、ちょっと教えていただけますでしょうか。

○中部電力（石黒） 今の御質問ですが、この前の、壁を乗り越えた場合にも、津波が浸水した後、約 30 分で 20cm まで引きますというふうに申し上げましたけど、やはりこちらのほうもですね、一旦取水槽などから水があふれますが、全体的に広がっていきます、敷地の中に。広がっていくために、またその出てきたところに戻っていくという形に下がっていきますので、まあ数分。オーダー的には数分から数十分のオーダーですね。そ

れぐらいでまた水は引いていくというふうに考えております。ずっと溜まりっぱなしということはございません。

○後藤委員 そうすると、放っておいてももとの状態に戻るということですね。これで浸水する部分については。

○中部電力（石黒） はい、そうですね。

○今村分科会長 ぜひそのあたりは、計算結果で浸水深の時間的变化は出ると思いますので。

○中部電力（石黒） はい。時系列も持っております。ちょっと済みませんが、手元にデータがないのですが、計算はしております。

○今村分科会長 その際に、1つの仮定としては、取水槽から確かに入っていくのですけれども、同時にそこから抜けるという仮定で今やられていますよね。そのあたりの保障は大丈夫でしょうか。

○中部電力（石黒） それで、今私ども、対策としまして、御指摘のように、取水槽の呑み口が詰まらないように、ちょうど呑み口のところに漂流物流入防止のネットを張りまして、車両ですとか、想定される漂流物がもし起こってもですね、そこで引っかかってトンネルの呑み口は閉塞しないような、そういう対策もっております。

○今村分科会長 ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。

○阿部委員 済みません。防波壁とか、その辺は皆さん御質問いただいたので、私、改めて質問するつもりもないのですが、11ページの自動閉止装置ですけれども、これは閉まっても大丈夫なものなのではないかという質問ですけど。

津波が来たときにですね、要するに閉まりましたと。そのまま大丈夫なのか、それとも何かのタイミングで開けないと、何かまずいことが起きるのか。閉まっても大丈夫だったら、わざわざ開けておく必要がないのではないかなと思っただけですけど。単純に。

○中部電力（涌永） フラップゲートの件でございますけれども、浸水レベルで、既に15mまで対策は終わっております。それより上部のところについてフラップゲートという形で、さらなる安全性の向上を図っております。ここはほとんどが空調の開口部になっております。想定する事故時においては、この空調系については、停止または隔離しますので、一時的に閉まったとしても問題ございません。

○今村分科会長 ありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。

原田委員。

○原田委員 済みません。1点お聞かせください。

実験ですとか数値計算で、なかなか評価しにくい件ですけれども、5号機はかなり壁に近いところにあるのではないかなというふうに思っているのですが、勢いを持った水が壁にどんと当たったときに、水の塊となって高く持ち上げられて、それが落ちてくるということがあるのではないかなということもちょっと気になるんですが、そういったことが5号機の周辺には、あり得ないような条件なのかどうかというところを、どのくらい具体的に壁から離れた位置にあるとか、そういうことは検討されているのかというコメントをいただけたらと思います。

○中部電力（石黒） 今回、壁の高さを22mまで引き上げましたので、あとはやはり津波の高さをどこまで想定するかによりまして、ナップといいますか、その乗り越えたときの水脈がどこまで到達するか。それもいろいろ想定されますので、ちょっとまだ具体的に、そこはどこまでというのは、まだ詳細な評価はやりつつあるところでございます。

○今村分科会長 一応本日の29ページですか。ちょっと出していただければと思います。5号機の前面での波力の測定をされていますよね。これは波力なので全体の結果ですよ。原田先生御指摘なのは、部分的に5号機の上部方向に強い力がかかるかもしれないという点。

○中部電力（石黒） ちょっとここの実験がですね、壁の高さ18mでしかやってないのですけれども、そのときにナップの状態、水深何mで越えたらどこまで行くかというのは、データは取っておりますので、そういうのを分析しながらですね、壁が22mの場合にどうなるかということも評価していきたいと思っております。

○今村分科会長 済みません。今多分おっしゃられているのは、壁があって、越流したときの話だと思うのですけれども、私が聞いたかったのは、壁にどんと当たると、水の塊となって、小さかったらしぶきですけれども、どんと当たって乗り越えた塊が、例えばスプラッシュの塊が、もし大きなものがあつた場合に、それが塊のまま建物なんかに落ちる可能性がある範囲に建物とか施設があるのかどうかということです。

○中部電力（石黒） そうですね。考えられますのは、今この5号機の間、ちょっと狭うございますけれども、やはり御指摘のような、どんと落ちたときにですね、仮にスプラッシュではね上がって、落ちるところというのは、やはり建物の壁の防波壁側に落ちてくると思いますので、そういう面で行くと、この壁の面と防波壁の間。ここは今、現状

道路でございますので、この部分だけにおいては、特にそういった心配になるものはございませんが。

○今村分科会長 一般的にはスプラッシュになると密度が小さくなるので、波力としてはあまりないかとは思いますが。まあ検討できれば。難しいと思います。実験ではなかなかできないので。

○喜岡教授 ダブルピークが出てきますね。

○今村分科会長 ああ、ダブルピークが出てくる。ああ、なるほど。かなり複雑な状況で、2つのピークが出るかもしれないということですね。

ありがとうございました。

○中部電力（石黒） この今の実験結果でもダブルピークが得られているところは、データとしてはとらえていますので。

○今村分科会長 ああ、そうですね。出ています。

ただ、実スケールでのスプラッシュとは違います。はい。ありがとうございました。そのほかいかがでしょうか。

はい、山本先生。

○山本委員 直接的な津波との関係はないのですが、18ページの図を見ると、砂丘があるからということで、左側の図ですけれども、最初の衝撃的な波力が見られません。そのため、この砂丘堤防は非常に重要なのだなということを再認識したのですが、たしかここは、ふだんから海岸侵食が起きているところですよ。だから、この砂丘堤防ってものがすごく大切だと認識をしましたので、海岸侵食の観点から、これは大丈夫でしょうか。いざ津波が来たときになくなっちゃったというのでは困りますので。ちょっとその辺お教えてください。

○中部電力（石黒） 御指摘のように、今遠州灘全般について侵食傾向にあるということですが、特に浜岡の前面におきましては、消波ブロック等を配置するとか、あと定期的に取り水槽に入ってきた砂をまた海に戻すとか、そういった養浜対策もやっております、海岸線は保持するような対策を現在でもとっております。

○今村分科会長 保全対策といいますかね。

○中部電力（石黒） あと、砂丘のほうもですね、植林の手入れ等、しっかりやっております。

○今村分科会長 はい、ありがとうございます。

松井先生。

○松井会長 私は詳しく見ていないので知らないのですが、内閣府で出したモデルというのは、津波の波長というのはどのぐらいなのか。水面が 18m ぐらいになるという波高ですが、波長の影響というのは、どういうふうに、評価しているのですかね。

○今村分科会長 私が答えるのもあれですけど、4 ページを見ていただくとよろしいかと思えます。

波長の正確な数字がわからないのですが、4 ページを見ていただきますと、これは右下の図が時間になっています。それで、18m なり 20m を超える第 1 波というのが非常に短い時間で来ていると。その後水位が下がり、その後上下が振動しておりますが、大体 10 分から 20 分くらいの間隔で来襲しているという、これが今回の特徴になっているわけでございます。

答はこれでもよろしいでしょうか。

○松井会長 乗り越える水の量は波長によるのではないかなという気がしたものですから。というのは、多分時間が長ければ、この入ってくる水の量は、それによるのではないかなということですね。

○今村分科会長 そのとおりですね。波長が長くなれば水位の上昇する継続時間が長くなりますので、比例して多くなりますね。

○中部電力（石黒） 今、私どもの計算では、防波壁を越えている時間はおおむね 1 分程度という評価をしております。先ほどの、前のページにありました時系列の波形からですね。こちらから見て、この防波壁を越える時間は 1 分程度というふうに評価しております。

○今村分科会長 あれですね。今後いろいろ波形が検討される中で、波長が長くなる場合は越流量が多くなるというのを、ぜひ御留意をいただきたいと思えます。はい、ありがとうございました。

時間が迫ってまいりました。何か最後にありましたらば、お願いしたいと思えますが。委員の先生方からはよろしいでしょうか。

はい。ありがとうございました。以上でこの議題のほうを終わりたいと思えます。委員の皆様方に、短時間ではございますが、御意見をいただきましてありがとうございました。

それでは司会のほうに。

○司会 はい、ありがとうございました。

それでは、閉会に当たりまして、川勝知事から御挨拶申し上げます。

○川勝知事 本日は、本年度の第4回の津波対策分科会に、会長の松井先生、また今村分科会会長、4名の先生方、どうもいろいろありがとうございました。

中部電力のほうはですね、今年の3・11以後、福島第一原発を襲った、あの最大の波高が15mであったということを受けまして、ほかの電力会社と違って、すぐに津波対策について、これまで10mばかりのことを、砂丘がございますから、それで安心だということだったのですが、そういうわけにはいかんということで、独自に18mの防波壁の建設に着手されたわけでございます。

しかし、昨年度3月と8月に、内閣府のほうから、津波想定高が出されまして、最終的に19mということになったのを受けて、22mの防波壁をおつくりになっていると。昨年暮れには18mは完成されまして、今年いっぱいかけて22mをつくられると。その背景にある設計ですね。これにつきまして、今日は中部電力の、いわば知恵袋といえますか、科学技術の根拠を出されておりました、名古屋大学の浅岡先生に来ていただきまして、本当にありがとうございました。前回に引き続き、今回特に、その基礎部分と、それから上部構造と。基礎部分は地震に対して、まずこれは大丈夫だと。そして上部構造については、1.5倍の波力に対して耐えうるということ、説得力をもって、わかりやすい御説明をいただきましてありがとうございました。また喜岡先生も、補助的に補完的な説明をいただきまして、厚く御礼を申し上げる次第でございます。

一方で、今何人かの先生から出されましたように、もう少し丁寧な御説明ないし実験があるのではないかとということもございました。例えば砂丘ですけれども、砂丘がどんどん削られておりまして、それは非常に具合が悪いということで、砂を埋めているということがあったわけですね。したがって、そういうものは、いわば越流と一緒に上から砂がどかっと落ちてくるというようなことも十分に考え得るわけで、今回の実験ですと、そこはないわけですね。ですから、あの砂がどの程度海水と一緒に、仮に越流した場合には落ちてくるのかといったようなこともあるかと存じます。

ともあれ、こうした防波壁につきましては、県としては月に1回、その建設現場に赴きましてお見せいただいて、それに対して中部電力のほうは、実に良心的に対応していただいているということでございます。

一方、こうした防波壁をやっているから大丈夫だというのではなくて、それをどのよ

うにやっているかということ、科学的、または技術的な根拠に基づいてやっているということがわかるようにすることが大切で、これも完全にこのように、テレビや、あるいは一般の方々、関係者の方々にオープンでやっているということが、この中部電力の浜岡原発に関する特徴でございます。ですから、これは広い意味での規制委員会と同じなんですね。規制するについて、一般的なものを座学でやるというのではなくて、ここで、現場に基づいて、現場の実態、またそれに基づいた実験。こうしたものを全部オープンにして、そして御説明いただくということでございますので、こういう方法でしか私は安全性を確保できないというふうに思っておるわけです。

その意味で、中部電力、またこの分科会を全体統括されている松井先生、また分科会の先生方、そして関連の学者の先生方、関係者の方々に厚く御礼を申し上げたいと思います。

これからも、県民、あるいは国民の県に対する懸念といいますか、不安がございます。しかし、その不安が、いわゆる風評であるとか思い込みであるということになると具合が悪くて、正確な事実認識ということに基づくことが大事でありまして、そうした正確な知識、正確な現状ということ、こういう会議を通して県民、国民に対して発信してまいりたいということでございます。

引き続き、この分科会、津波分科会は、なにかんずく、今またそういう南海トラフ。5分以内で第一波が襲ってくるということで、第4次想定を今策定中でございますが、この2月に中間報告を出しました。そして、第4次被害想定についての報告を、ぜひ差し上げたいと思っておりますので、これに引き続き、地震と火山の対策分科会を、この津波対策分科会と合同で開催して、こちらの御報告を申し上げ、それに対する先生方の御意見を賜わりたいと思っておりますので、引き続きよろしくお願い申し上げます。

本日は誠にありがとうございました。御礼を申し上げます。

○司会 以上をもちまして、第4回津波対策分科会を終了いたします。

引き続き、休憩を挟みまして、14時40分から、地震・火山対策分科会との合同分科会を開催いたします。委員の皆様方には、若干席の移動をお願いいたしますので、よろしくお願いいたします。

午後2時35分閉会