

## 土木学会 原子力土木委員会 平成25年度 第4回 津波評価小委員会 議事録（案）

日 時 平成26年3月7日（金）16:30～20:00  
 場 所 電力中央研究所大手町本部第1会議室  
 出席者 磯部主査、有光委員、安中委員、榊山委員、佐竹委員、高橋委員、  
 天野氏（田中委員代理）、谷委員、平田（一）委員、平田（賢）委員、山中委員、  
 増田氏（入谷常時参加者代理）、袴着氏（大坪常時参加者代理）、清水常時参加者、  
 中村氏（中島常時参加者代理）、松崎常時参加者、奥寺氏（藪常時参加者代理）、  
 若松常時参加者、  
 松山幹事長、池野幹事、稲垣幹事、内野幹事、木場幹事、芝幹事、殿最幹事、  
 藤井幹事、藤田幹事  
 木原オブザーバー、栗田オブザーバー、河村オブザーバー、佐藤（嘉）オブザーバー、  
 志方オブザーバー、鈴木オブザーバー、土屋オブザーバー、文屋オブザーバー、  
 森オブザーバー、吉井オブザーバー

## 次 第

- (1) 前回議事録について（資料-1）
- (2) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた検討
  - 1) 確率論的津波ハザード解析手法の枠組みについて（資料-2-1）
  - 2) 局所空間の津波計算水位のばらつき評価（資料-2-2）
- (3) 敷地浸水時の津波挙動に関する検討
  - 1) 数値計算による検討（資料-3-1）
  - 2) 水理模型実験計画について（資料-3-2）
- (4) 津波堆積物に関する検討（資料-4）
- (5) 海底地すべり・山体崩壊の評価手法に関する検討（資料-5）
- (6) その他

## 議 事

(1) 前回議事録について (資料-1)

特記事項なし。

(2) 東北地方太平洋沖地震を踏まえた検討

1) 確率論的津波ハザード解析手法の枠組みについて (資料-2-1)

Q：今日は全体の枠組みを議論し、今後それぞれの領域の検討を行っていくということか。

A：その通り。

C：今日の話は一般論としては良い。ただ、このロジック分岐の考え方と領域ごとの波源モデルをどう考えるかということはセットでなければならない。例えば、日本海溝は巨大地震が起きてしまっている。

Q：『巨大地震の発生可能性あり・なし』という分岐の設定をどう考えるかが重要である。『巨

大地震の発生可能性なし』の場合の「従来の考え方」というのはどういうことか。

A：長期評価の従来モデルという意味である。

C：G-R分布の中でMmaxを考えるのであれば、この分岐は必要ないのではないか。最大Mwを考えなければ資料の通りとなるが、そもそも巨大地震が絶対に発生しないというの  
はありえるのか。

C：考え方としては2番目の分岐からスタートする方が理解しやすい。また、南海トラフにおいては地震の発生様式に多様性があると言われていたりする状況で、固有地震といっても従来の考え方でのよいのか。今後はこのような観点も取り入れなければならず、そうすると地震規模も大きく変わってくる。東北地方太平洋沖地震にしても、固有地震としてどのようにとらえるのか、同じような地震が繰り返すのかという問題もある。このような観点を津波評価小委としてどこまで議論してまとめるのか。地震本部の津波評価部会で議論されている内容との兼ね合いなども考えなければならない。

C：確率論的評価全体の枠組みを考えるにあたっては、ある程度は海域別の波源設定についても検討していかなければならない。それも含めて全体の枠組みを小委員会で議論したい。

Q：資料における「従来の考え方に基づく設定」というのは、2009年の土木学会の考え方という  
意味か。

A：その通り。

Q：これまでは、ある海域では固有地震モデルが最大規模だろうと考えて確率論的評価を実施してきた。資料のグラフ上でMmaxが与えられているが、このMmaxにある程度幅を与えるのも一つの地震規模として値を見ているということになる。これを前提としてロジックツリーの分岐をみたとき、巨大地震が起きるとした際に固有地震タイプで従来の考え方を適用するということは、現状のMmaxをより大きくするということになるのか。

A：その通り。

Q：そうしたとき、G-R分布のスロープ部分を考慮することも考えるのか。2009年の土木学会手法は、ある海域では固有地震が最大であろうと考えていた。

A：これまでは固有地震としてMmaxしか取り扱っていない。

Q：例えば、貞観地震を考えるときに2009年の土木学会手法では最大規模だけをMmaxとして考えていた。今回、貞観地震がスロープの部分に入ってきたということは、Mmaxがさらに大きくなるという位置づけとなるのか。

A：地震本部が言っているのは、背景的地震の規模が大きくなっている、ということ。資料での固有地震というのはそういうことではない。

Q：巨大地震があるとしてロジック分岐した場合には、ある領域での最大の地震だけを考慮して確率論的評価を行う、ということか？

A：従来は、ある領域でのMmaxに着目し、背景的地震を明示的にモデル化していなかった。ただ、これまでも領域の大きさに応じてMmaxが変化することを考慮していた。また、固有地震の規模が二重化構造になると考えられる場合については、複数の固有地震を設定していた。

C : 地震本部は  $M_{max}$  と  $M_a$  の関係が逆転するケースもあるということを示した。ただ、これは資料 p4 の固有地震モデルのひとつのケースであって、固有地震モデルのひとつの特殊なケースとして G-R 分布が現れるという一般化はできないか。

C : 地震規模の話だけではなく、G-R 分布はどこでもあらゆる規模の地震が起こることを考えている。一方、固有地震はある程度決まった場所で決まった規模の地震が起こるという考え方である。固有地震をまとめてしまったものが G-R 分布であり、G-R 分布で考えられるのであればある種簡単である。

C : 固有地震は断層を特定できる地震であり、G-R 分布は断層を特定できない地震であって、それが両者の大きな違いである。断層を特定できない地震はどこでも起こり得るが、ある場所ごとの確率は低くなる。

Q : 背景領域の地震規模はかなり広いバンドをもっているが、小さい規模の地震はどこまで考慮すべきか。

A : 地震規模が小さい場合は、津波が発生しても無視できる。

C : そうだとしても、地震規模として我々が経験していない最大規模 (M9.5 等) だけを考えるのはかなりコンサバティブではないか。

C : G-R 分布としてある程度幅をもって考えればよい。例えば M8~M9.5 程度の範囲。

Q : 『巨大地震の発生可能性あり・なし』という最初のロジック分岐は必要なのか？

A : 当該分岐の必要性については今後検討する。確かに固有地震と G-R の分岐を主として、最大規模を個別に設定する方が、一般性があり整理しやすいと思われる。

C : 本日の意見を踏まえて、方向性を整理しておくこと。

## 2) 局所空間の津波計算水位のばらつき評価

(資料-2-2)

Q : このような検討では、区間幅を狭くしたら区間数が増えるのではないか。

A : 移動距離を同じとしているため、区間の数は変わらないが、痕跡数の条件によって区間数が減少していく。κ をある程度安定して求められるよう、区間の中に入る痕跡地点が 10 地点以上無い場合には κ を計算可能な区間としていないため、区間の数が減っている。

Q : 区間幅が大きくなったらオーバーラップさせているのか。

A : その通り。ただし、あまりオーバーラップさせないようにしているため、どちらかという区間幅を狭くしたときに隙間が空いている。

Q : 区間というよりは代表点ということで理解した。地点数はどの程度か？

A : 300~400 程度。(小委の後調査した結果、100~200 程度。)

C : 区間幅を狭くすると κ が小さくなるということは、狭くなるので実測値がばらつかなくなる、ということ。区間幅を広げると、計算値があまり変わらないのに痕跡値がばらつき始めるから κ が大きくなる。このようなことを考えたときに、現在の作業が適切な区間を求めるための作業となっているのかどうか疑問がある。

C : 結局、津波痕跡のばらつきに依存しているから、今回の結果が普遍的なものとはならない。

今後新たに津波が起きれば、今回検討とは異なる区間幅が結果として出てしまう。痕跡がある地点の地形、例えばリアス式海岸や平野部などに依存して最適な区間幅が決まるのであれば、定式化できるのかもしれないが。

C : 代表地点について地形の違いによる比較を行っているが、傾向の違いはあまり見られなかった。

Q : そもそも、本検討の目的としては、普遍的に適用できる区間幅を見つけないのか？

A : そうではない。あくまでも東北地方太平洋沖地震津波のデータセットに限った検討である。

A : 本検討の背景として、発電所サイトのように 1~2km 程度の狭い範囲では  $\kappa$  がある程度小さくなるのではないかと、という考えが背景にはある。

C : 区間が短い場合は  $\kappa$  の分布が変わるといえるのは、大数の法則を考えると、数が少なくなっているのが当たり前を言っているに過ぎないのではないかと。結局は  $\kappa$  算定対象区間の条件で決まってしまうのではないかと。

C : 痕跡の空間分布と計算の空間分布の波長のスペクトル形状を考えたときに、どちらも一致しているのであれば、区間幅を小さくすると  $\kappa$  も小さくなるが、両者の分布のパワーがあるところが大きくずれていけば、必ずしも今回の結果のようにはならないと解釈している。

C : もともと、検討の背景として、現状の確率論ではばらつきをかなり大きめに考慮しているはずだ、ということがある。これまではあまり痕跡点数が多くなかったため、ばらつきが大きかった。ただ、今回は痕跡点数が多いため、データの分析によって発電所の推定値に対する適正なばらつきの検討につなげたい。区間幅を狭くしてやるとある程度  $\kappa$  は小さくなる、という性質があることが分かってくれば良い。今回の検討結果からは区間幅をあまり広くとる必要はないということが考えられる。

C : 区間幅を狭くしていくと  $K$  は大きくなっているはずである。本来、 $K$  と  $\kappa$  を合わせて「ばらつき」であり、両者がセットでないと本当は議論できないはずである。 $K$  を無視して  $\kappa$  を使いたいのであればその論理構築をしないと説得力がなく、 $K$  がずれている効果も考慮しなければならない。

C : ベースラインからのずれである  $K$  とベースラインからのばらつきである  $\kappa$  をあえて分離して議論している。少なくとも評価地点においてベースラインが過小評価になっていないことは、別の方法で担保したいと考えている。

C : 今回の検討は、ものすごく波源モデルを改善したらここまで  $\kappa$  を下げられる、という目安を作っていると考えられる。

C :  $\kappa$  の要因としては断層モデルもあるし、海底地形の複雑さもある。いったい何が  $\kappa$  には含まれていて、何を小さくしたいのかが分からない。

C : 指摘された要因は当然ながら、それ以外のよくわからないものが含まれている。

C : 広い領域の  $\kappa$  にはアスペリティの位置など波源全体の性質が入っており、狭い領域の  $\kappa$  は局所的な痕跡のばらつきなどが入っている。

C : 区間幅を狭くしていくと、計算値ではなく、実測値のばらつきを見ていることになる。区間幅をそんなに狭くしてはいけなくて、という検討をしているのなら理解できるが、今回は

狭くしても  $\kappa$  が収束していない。これは、 $\kappa$  の要因として実測値のばらつきだけではないということを示唆している。 $\kappa$  の要因と今後の検討の方向性について整理をしてもらえないか。

### 3) 敷地浸水時の津波挙動に関する検討

#### 1) 数値計算による検討

(資料-3-1)

Q : 計算負荷の差を考えると 2-D 解析は実用的だという印象である。水位よりも流速の再現性が心配であったが、どちらもかなり再現できている。複雑な水理模型実験について、L1 位置と L2 位置における 2-D 解析と 3-D 解析の流速の計算結果についてどの程度差があるか確認しているか。

A : 確認していない。

C : 今後、津波堆積物等の検討を行う場合には、構造物周辺など複雑な陸域の地形での流速の再現が必要となる。その際、2-D 解析の複雑な地形での流速の精度が問題となってくるため、確認しておいてほしい。

Q : 防潮壁がある場合は、防潮壁がない場合と比べて水位の時刻歴波形に乱れがあるように見える。防潮壁がある場合には越流して乱れができると思うがこれが原因と思われる。また、乱れがあったりして実験の計測が正確にできず、計算結果の方が正しい、ということはないか。

A : 実験結果と計算結果のどちらがより確からしいかは確認する。防潮壁がない場合の実験では、越流時に実験の写真ほど気泡を含んでいなかった。

Q : 流速は実測値を良く再現できているが、水位は実測値よりも計算値の方が大きいということではよいか。

A : 実測よりも計算の方がフルード数が低くなっている。

C : 連続式で考えれば、流速が大きければ水位は小さくなる。どちらか一方だけ再現できないのはおかしい。原因を確認しておくこと。

Q : 津波の先端部について、2-D 解析と 3-D 解析では流速の立ち上がり時刻がずれているが、水位でも同じか。また、3-D 解析の方がよく再現性できているという理解でよいか。

A : その通り。

Q : 津波の到達が 2-D 解析の方が早く、3-D 解析の方が遅い、ということを考え合わせると、3-D 解析の方が精度が高く、2-D 解析では鉛直方向の流速がないために 3-D 解析よりも水平方向流速が大きいということか。

A : そのような現象だと考えられる。

C : 念のためもう一度確認しておくこと。防潮壁を設置すると、防潮壁付近で鉛直流速が大きくなる。このような現象を 2-D 解析で再現するのは無理がある。ただ、本検討で分かってきたのは、防潮壁付近からある程度離れると 2-D 解析でもそれなりに再現可能であるということ。

C : 敷地全体については 2-D 解析で再現できることが示されている一方、敷地内の重要構造物の周囲などは 3-D 解析の方が適しているということか。

C : 2-D 解析結果を補正することで構造物周辺の水位などが評価できないかについても検討していきたい。

C : 今回の検討では、構造物があったからといって、それ以降の流れまで 2-D 解析で再現できなくなるわけではないということが分かった。2-D 解析と 3-D 解析の使い分けができることが示されたと考えている。

---

## 2) 水理模型実験計画について

(資料-3-2)

Q : 津波先端部の波高・流速は調整できるか？

A : 前後のゲートとバルブがあるため、原理上一定の範囲で任意の水深と流速の流れを発生させることも可能と考えている。

Q : テストセクションの初期水位は設定可能か。

A : 可能である。

C : 防潮壁を設置する前に、初期水位がある状態でどのような波を起こせるか確認しておいた方がよい。

Q : 流速の水路幅方向の分布が一様かどうか確認した方がよい。うまく流れていないと衝突物が壁にぶつかる可能性もある。軽自動車や木材は、どのくらいの長さを流す予定か。

A : 水路自体が 20m 程度しかないため、テストセクションを奥に設置しても助走区間が非常に短いものになってしまう。実験内容に応じて模型の位置等を調整したい。

C : 現在、流速の計測方法で悩んでいる。電磁流速計はそれ自体が流れを乱してしまう。現在、ADV や ADCP 等の半非接触型などを試している。

Q : 電磁流速計はそこまで流れを乱さないのではないか？

A : 高流速計測用の電磁流速計は太いため、それ自体が流れを乱すのに加え、電磁流速計を固定するためのパイプ等も流れを乱している。

C : 射流の場合、映像からは、最初の流体力が大きくなっている印象がある。

C : 映像の試験ではその通りだと思う。ただ、ケースによって色々である。

C : 津波が防潮壁等に衝突して反射し、越流せずに終わるような場合もある。

C : バルブやゲートを早めに閉めるなどの対応でそのような流れの実験も可能である。

C : いろいろと自由度が高く興味深いので是非見学したい。

C : 来年度、我孫子で小委員会を開催し、その時に設備見学を実施することを計画中である。

---

## (4) 津波堆積物に関する検討

(資料-4)

C : Abe et al.(2012)の中には数値計算結果はなかったか。公開前かもしれないが計算は実施し

ているはずなので確認した方がよい。

Q：試算の結果について、領域内の土砂の総量はどのようになっているのか。

A：最上流側の地形が変化しないように土砂を供給している。

Q：電中研の氾濫水路（資料-3-2）を使って実験はできないか。津波の先端には乱れが発生するため、それによるピックアップレイトは大きくなるが、式中には入っていない。それでいいかどうかは確かめられると思うのだが。

A：水路には深さ 1m の洗掘ピットを設けているが、水路が 20m と短いので遡上による地形変化の試験するのは難しいのではないかと。

C：遡上実験には斜面が必要となる。静岡大学に新しい水路が導入され、津波の遡上の実験する計画である。砂移動実験も実施するので、その実験は検討に使えると思う。水路の長さは 20m、深さ 1 m 程度。タンク容量はどの程度か分からないが、ゲート急開により津波を発生させている。

Q：津波堆積物は、遡上したものより湖沼に入ったものの方が保存率が高い。最近湖沼の中の津波堆積物調査が増えてきているが、湖沼の中に突入する津波による堆積物の計算についてはどう考えているか。

A：計算そのものは可能である。どこか具体的な地点をイメージされているのか。

C：龍神池などである。また関連する情報として、東北大学で水路が作られており、湖沼に突入する津波の再現実験を行うようだ。

C：そのような場所は日本で限られた場所であると思う。原子力発電所を考えたときにその周辺に湖沼があるというのは稀であり、できるだけ適用性の広い成果が望ましいと考えている。

Q：モデル自体は混合粒径のものがあるし、今後は今回のような計算の精度を上げていくということでしょうか。

A：泥の再現が課題と考えている。

#### (5) 海底地すべり・山体崩壊の評価手法に関する検討

(資料-5)

Q：モデルによって、沖側の津波が上昇から始まったり下降から始まったりしているが、これはどう理解をすればよいか。

A：二層流モデルでは、沖側は堆積し岸側は崩壊していくので、その運動に合わせた初期水位になるが、KLS はこれがパラメータ設定によって変わってしまう。KLS はパラメータである地すべりの伝搬速度と継続時間との関係によって、引き波が堆積域を通過した後に押し波が出る場合や、その逆の場合がある。

Q：地震などの重ね合わせをみるには適していないということか。

A：重ね合わせの適否までは十分に検討していないが、押し波初動か引き波初動かはパラメータ次第で変わってしまう。

Q：二層流では土砂量は保存されるが、KLS ではどうか。

A：最終的には保存されているが、途中では保存されない。

Q：それが原因と考える。保存されていないから引き波が出てしまう。あとは海底変位の移動速度と伝搬速度の競争で形は決まってしまう。どちらが確からしいのか。

A：二層流モデルも、規模については粗度係数に大きく依存するため、どちらが正しいとは言えないのが現状であると考えている。ただし、今回の結果に限ってであるが、規模についてはオーダーが違うようなものではなかった。一方、指向性については結果が異なっていた。

Q：どちらの手法が確からしいかが分からない中で、今後何を検討していくか。

A：海底地すべりについて追加で行うとすると、層厚を変えた計算などが考えられる。

Q：そのような内容であれば、詳細な検討をしなくても定性的に概ね結果を想像できるため、検討の必要はないのではないか。

A：おっしゃるとおりと考えるため、海底地すべりの検討はこの辺りで一段落させ、今後は陸上の地すべりの検討に移っていきたいと考えている。

#### (6) その他

---

C：今年度は本日で小委員会は終了となる。来年度は津波評価技術の改訂版をまとめていくことから小委員会の開催を多くしたい。2～3回先まで部会の日程調整をお願いする予定である。

以 上