

津波評価小委員会(2023年度第2回)議事録 (津波評価技術体系化)

1. 日時 : 2023年8月31日(木) 9:00~12:00
2. 場所 : WebEXによるWebハイブリッド会議
3. 出席者 : 高橋委員長、安中委員、今村委員、蛭沢委員、清木氏(家島委員代理)、加藤委員、金戸委員、菅野委員、後藤委員、佐竹委員、嶋原委員、菅原委員、高川委員、富田委員、森委員、平田委員、福谷委員、松山委員、八木委員、山中委員、米山委員、川真田常時参加者、徳永常時参加者、西坂常時参加者、二木(浜田常時参加者代理)、重光常時参加者、木原幹事長、荒川幹事、石島幹事、石原幹事、稲葉幹事、加藤幹事、木村幹事、栗田幹事、木場幹事、佐藤幹事、志方幹事、芝幹事、鈴木幹事、中田幹事、土屋幹事、永松幹事、藤井幹事、保坂幹事、山木幹事

4. 議題 :

(1) 事務連絡

津波評価小委員会(2023年度第1回)議事録案(津波評価技術体系化) 資料-1

(2) 津波評価技術の体系化に関する検討

1) 地震を要因とする津波に関する検討

・波源の不確かさが水位に与える影響の検討 資料-2-1

2) 地震以外を要因とする津波に関する検討

ー地すべり津波の決定論的評価手法に関する検討ー

・2018年クラカタウ津波に関する検討 資料-2-2-1

・2018年スラウエシ津波に関する検討 資料-2-2-2

・1741年渡島大島津波の再現計算 資料-2-2-3

ー地すべり津波の確率論的評価手法に関する検討ー

・Watts式のパラメータ設定に関する検討 資料-2-2-4

3) その他

・確率論的津波ハザード評価とSSHACについて 資料-2-3

以上

(1) 事務連絡

津波評価小委員会(2023年度第1回)議事録案(津波評価技術体系化) 資料-1

○疑義等あれば幹事長および幹事団へ連絡のこと。

(2) 津波評価技術の体系化に関する検討

1) 地震を要因とする津波に関する検討

・波源の不確かさが水位に与える影響の検討 資料-2-1

Q ランダム波源モデルのすべり量について、大すべり域や超大すべり域等は設定しているか。また、その比率は与えているか。これもランダムなのか。

A すべりの大きさは、佐竹先生のモデルをスペクトル分析し、そのスペクトルが合うように設定している。

Q すべり量の頻度は拘束せず、スペクトルでそれが代用できるということか。

A そのとおり。P.8 がすべり分布を表している。

Q これは累積の確率か。

A そのとおり。

Q 短波長が効いているという話だったが、P.17 のパワースペクトルで、佐竹モデルと今回のモデルで、一番右までもっていつているということかと思うが、これで波長が違うというのはどういう意味か。

A 短波長はグラフでいうと右側になる。

Q 波長は同じところで見ているが、その大きさがちがうということか。要するに波長は両方とも一番右のところでは切っているが、そこでランダムの方がかなりばらつくので、大きいものがでてくるという理解でよいか。

A そのとおり。

Q P.17 の図で、走行方向と傾斜方向で波長(Wavenumber)が違うというのは、なかなか考えづらい状況かと思うが、これはリアルなものと思っているのか。そうだとすると、なにがバックグラウンドとしてそういう物理が存在するのか。普通に考えれば、走行方向と傾斜方向は速度方向の違いがあるのかもしれないが、なかなか考えにくいと思う。この変化が例えば他でも観測されているのか、何か考えがあってこれが正しいと思っているのかを教えてください。

- A 走行方向、傾斜方向それぞれで設定するのは、Goda の方法に従ったもの。
- Q P.4 で、長さが全体に対して 0.4 程度、幅が全体に対して 0.3 程度というところで決まっているのではないか。
- A 八木先生が言われているのは P.37 で、走行方向と傾斜方向とで、波数が変わるというのが本当かということかと思う。
- C それがリアルと考えていいのか、それとも他のモデルが色々提案されているが、それらとも整合的なのかということ。走行方向と傾斜方向とで波長が違うというのは、あまり聞かないので一応確認した。
- Q おそらくランダムモデルなので、物理的なバックグラウンドがあるわけではないと思う。
- A 今までのインバージョンモデルを分析すると、大体こういった傾向になる。
- C 津波のインバージョンだとそうなるということで理解した。長さや幅が異なり、幅の方が短いからそういったこともあっていいのかもしれないか、それがリアルなのか、津波現象に限ったものなのかは、確認した方がよい。
- A 承知した。
- Q これが物理的に正しいかどうかについては、ランダムモデルであるためそういった物理機構は置いておいて、P.4 の条件で検討した場合に出てきた結果だということか。
- A そのとおり。
- Q 物理的な背景ではなく、P.4 の条件を決めた時点でこういった波源であるというように考えて検討したということか。
- A そのとおり。これをベースにして、長さ、幅、すべり集中度等の幾何学的な条件で検討するとこうなるという一例を示したもので、P.5 を見てみると、すべり量の分布はそこまでおかしくないと思う。
- C P.4 の設定を変えると、また違う結果が出てくると理解した。
- Q Goda らの論文では、このパラメータを振って感度分析はしているか。
- A 感度分析まではしてないと思う。
- Q 論文中では、いろいろ試行錯誤したうえでかもしれないが、この条件が決め打ちだったと思う。また、P.4 の 3 条件に加え、アスペリティを走行方向にもっていつているが、Goda らの方法でも同様か。
- A Goda らは、ランダムで設定している。
- Q 物理法則云々ではなく、乱数でやっていたと思うが、今回はプレート境界にアスペリティを持つ

ていっているというのは、今回の検討のオリジナルか。

- A プレート境界に持っていき設定は、Goda とも同じである。Goda らはプレート境界に設定したのからスタートしており、そこに来るまで乱数を振り続けている。
- Q P.12、13を比較して13ページの方に短波長成分が出てきたのは、格子サイズが違うということ、すべり量のばらつきが違うという二つの理由があると思うが、その理解でよいか。
- A 格子もサイズ関係していると思うが、違うのが水深が深いところであり、浅いところの格子サイズは同じとしているため、あまり効いてこないかもしれない。
- C 単純にばらつきの大きさに短波長成分が出ているということで理解した。
- Q Goda らの方法では、一番深いところのすべり量を0にしていたと思う。P.13の model6だと、深いところで25mとか30mとなっており、model4でも深いところで大きいすべりが出ており、そういったところの制限をしていたと思うが、そういったことはしているか。
- A 今回は特にしていない。Goda らの論文にそういったことが書かれているのか。
- Q 2018年の論文には書かれている。半関数で滑らかに0mに接続している。深いところなので効いてこないかもしれないが。
- A 津波の波形としてはそこまで効いてこないと思うが、初期の地殻変動には効いてくるかもしれない。
- Q 高橋先生からもあったが、Goda らの初期のモデルでは小断層を小さい正方形で区切っていたが、今回は長方形で区切っている。そのあたりの判断はどのようにしているのか。
- A 最初は同じく正方形としていたが、より短波長成分が出てきたため、長方形にした。
- C P.11の model4で、津波高が高いものが3つあるが、それがどこのアスペリティに位置するかが分かればよいと思う。
- A 今回は資料化していないため、それも含めて整理する。
- C 11モデルの対応が分かればよい。
- C 分布を出すときに、ガウス分布だと平均値は意味があるが、P.10のようにばらついている場合は、系全体の代表値を表現する中央値の方が良いかもしれない。

2) 地震以外を要因とする津波に関する検討

ー地すべり津波の決定論的評価手法に関する検討ー

・2018年クラカタウ津波に関する検討

資料-2-2-1

- C P.22 について、水位領域での再現性が現状では過小評価になっているということだが、例えば Panjang では初期段階ではオーダー感もよく、むしろ計算値の方が大きくなっている。ここは 90 分で表示されているが、もう少し周期を長くすれば固有振動が大きくなる可能性があるように見える。90 分では少し短く、例えば 3 時間くらいまで見て実際の記録がだんだんと大きくなっていないかを確認し、大きくなっていればもう少し長くとった方が良い。
- A もう少し横軸を長くして表示する。
- Q まとめスライドの一つ目の記載に、「人為的な条件を付加するのは難しい」とあるが、これはどういう意味か
- A 距離の情報だけで計算上は痕跡処理をすることになるが、地点周辺の地形条件等の状況までを考慮して、を選ぶということは計算の中で考慮できない。という意図である。
- C 二つ目の再現性が向上したというのが、分散波のことであれば、文中に「分散波の方が、」などの言葉を入れて明示的にした方がよいと考える。
- A 分散波の再現性が向上した旨が分かるように記載する。
- Q P.22 について、各地の計算結果が記録に似ていたり、そうでなかったりと傾向はあるが、最初に数位が上がる到達時間は全体的に遅くなっているがこれはなぜか
- A 先行研究でも同じ傾向が出ている。先行研究では Serang 地点の立ち上がりが合うように解析していて、まだ原因自体は明確に分かっていない。条件を色々変えてこちらでも検討したが、あまり改善しなかった。北側の土砂流出を増やしたケースと、Fritz-Watts の初期水位分布が北側に出ているケースの二つは、北側への到達は少しだけ早くなったが、全体の 4 分程度の遅れに対して 30 秒縮まる程度であった。
- Q 地図上の赤い地点が津波のスタート地点だとすると、北側の Kota Agung 地点の方が Panjang 地点に比べて、遠く見えるが津波は早く到達しているように見えるがこれは何が原因か。
- A 詳細は改めて確認する必要があるが、Panjang 地点までの海域は水深が浅く蛇行するように到達しているのではないかと考えている。一方、Kota Agung 地点までの海域は水深

が深いので津波の伝播が早く、まっすぐに伝播しやすかった可能性があると考えている。

・2018年スラウェシ津波に関する検討

資料-2-2-2

- C 再現は大分できていると思う。今後の検討かと思うが、今回のように、地すべり地点が特定できてくると、将来同じような地すべり津波が起きるだろうという予測に、今回の知見が役立てると思う。例えば海底地形との関係や、地すべりが発生しそうな条件などが分かればよいと思う。
- A 本検討については、基本的には再現計算という形でやっており、計算手法やどのようなパラメータの影響があるかを確認することとしている。予測については、今後の課題としたい
- C 今回の検討を踏まえ、将来予測につなげていくことが重要だと思う。

・1741年渡島大島津波の再現計算

資料-2-2-3

- Q Fritz-Watts モデルを用いた場合、島の部分はどうしているのか。
- A 島の部分については水位を与えないようにしている。
- Q 島の影響が気になる。島で波が反射することも考えられる。
- A そこについてはまだきちんと確認できていない。反射の影響については今後確認する。
- C P.19 のように初期水位を正だけとした場合、島の影響なのか初期水位の影響なのかきちんと分離した方がよい。
- A 承知した。
- Q P.19 の図。負の部分を取り、正の部分のみを使うことについてはどういう風に理解すればよいのか。
- A KLS モデルで海底地すべりを扱うときによく使われるが、陸上の場合には島というよりも陸域での計算をすることが多い。島というのはあまりなく、どうしたらよいかということでひとまずはそのまま水位を与えているが、島の部分は当然水がないため水位を与えていない。そもそも、この部分に水位分布があるのはどうなのかというコメントを以前いただいた経緯もあり、参考までにということで、今回は水位が正の部分のみを残した検討を行った。これに関する意味については今後整理する。
- C 確かに難しいと思う。海底地すべりであれば何の問題もないが、今回のような場合は島があるため、負の部分を取ることは分からなくはない。負の部分を取り除くと正の部分に影響があるが、今回はそれを反映できていないということで、その辺りは現在検討中ということで理解

した。この手法は今回のケースにおいては不向きなのかもしれないので、適用することの妥当性についても考える必要があるのかもしれない。

－地すべり津波の確率論的評価手法に関する検討－

・Watts 式のパラメータ設定に関する検討

資料-2-2-4

- Q 今回のパラメータ設定の話は理解できた。次の話になるが、地すべり津波自体の見直しとして、初期位置や地すべり規模が気になるが、その辺りも含んだ全体は検討するのか。
- A 三か年の前半で斜面安定解析を実施し、地すべりを検出するツールや地すべりが発生した後の挙動を評価するツールの相互比較や、手法による再現性の違い等を検討し、その中で仮想的な地形を使った地すべり検出をやってきた。今後の取りまとめの中ではそういった内容も反映する。
- Q これ自体のパラメータの不確実性の検討はどうするか。
- A 地盤の強度などのことで良いか。
- Q そう。情報としては足りない中での解析だと思うので。
- A 地盤強度が変わったり、成層構造で硬いものがすぐ出てきたりしたらどうなるかという検討はやってきた。強度のばらつきをどうするかという事に関しては、実際には現場ごとに検討する必要があると思うが、ドリリングの結果からバラツキを評価するといった事例もあるので、そういった知見も反映したい。
- C 全てを取り込む必要はないので、レビューをして重点項目について示して、全体として理解できれば良いと思う。
- Q 3種類の係数の設定が重要だと分かったが、どのように決めたか教えて欲しい。
- A S_0 や t_0 がわかれば挙動が分かるが、その中に a_0 と u_t が含まれている。既往の水理実験と合わせる際には u_t と a_0 が文献の値に合うように C_m や C_d を調整した。本研究の水理実験については、 C_m や C_d 、 C_n を細かく修正しながら、移動距離の時刻歴に対する残差が最小になるように最適化した。
- C C_d が大きいような気がしたが、実験に合う様な形で検討しているということで理解した。係数については、形状等に基づき、ある程度設定値を一般化できると、より良いと思った。
- A 一般化については同感だが、なかなか難しい。文献によるブロック模型でも、 C_d は 3 までいかないが 2 後半で最適となっているので、本研究の実験が特別大きいということではないと思う。1 を十分上回るような値でないと運動とあってこないということは分かった。

3) その他

- Q 今回の資料の位置づけについて確認したい。これまでは SSHAC でいう所のレベル 1～2 に相当する内容であり、これからレベル 3 へ向かって手法とかモデルを構築していく、という方針を示しているという理解で良いか。それとも単に、伊方 SSHAC の現状に関する紹介だけなのか。それによって質問の仕方が変わってくる。これからレベル 3 に向かってレポートを作っていくということか。
- A 位置づけとして、SSHAC の内容をご存じない方もいらっしゃるのでは、その紹介という位置づけである。また、この資料で示すように津波評価小委員会としては、実際の発電所の施設そのものを対象とした検討は行わないということでもある。何をゴールに持ってくるのかということもあるが、各発電所で伊方 SSHAC レベル 3 に応じたようなハザード曲線を作成することになるのであれば、津波評価小委員会はそれに必要な知見等を整理していくような場であるということを確認させていただいた。なお、レベル 3 に向かって必要となる知見を具体的にどのように整備するか、という点は今回の資料では記載していない。
- Q 役割を再度確認したということは理解したが、今までのレベル 1,2 相当として津波評価小委員会で検討した津波の技術レポートと、参考として原子力学会の津波 PRA のハザードのところを参照しているところを、今後どうアップデートしていくということは何もなく、今日は解説をしたということか。
- C 土木学会の津波評価小委員会の立場としては、特定の事業者サイトに関して SSHAC のレベル 3 以降の内容を実施するということはないと思われる。例えば、事業者が実施したい、ということになって、そこで検討のためのコミュニティを形成する場合に、我々が有識者として参加することはできるが、津波評価小委員会が主体となって特定のサイトに関するレベル 3 以降の検討をするというのは趣旨になじまないと思われる。一方、今後事業者がレベル 3 以降の取り組みを実施していくこと自体は重要だと考えられるので、そこを見据えて、検討に資する知見が必要となれば、今回の小委員会として取り組んでいきたいと考えている。このような趣旨で間違いはないか
- A そのとおりである。
- Q 位置づけについて理解した。原子力土木委員会の津波小委員会の今後の役割について、例えば地震ハザードの方では色んな SSHAC レベル 3 を実施したが、伊方で実施した内容をどのように全国展開するかとか、伊方 SSHAC は 5 年かかりました、お金が凄くかかりました、人をいっぱい集めるのが大変だ、という所で終わっているが、スタートラインのプロジェクトの目的の一つは、伊方 SSHAC で実施した内容を全国展開するためには共通項が沢山あ

るだろうと、そうした場合に時間や予算も少なく済むだろう、というようなこともまとめましょうということでスタートしている。したがって、もし津波評価小委員会で検討を実施する場合には、各サイトで独自にやるというよりは、あるサイトで実施した内容が他のサイトでも適用できるというような、全国展開するような観点で、この様にすれば効率が良いというような観点でまとめるというのも、この小委員会の一つの役割かなと考えているが、そのような観点での検討というのはいり得るのか。

- A 伊方 SSHAC は一旦クローズしているが、その内容の全国展開に向けてどう効率化するか、ということ別の会議体で議論しているということは承知している。あくまで個人的な意見にはなるが、津波評価小委員会でもさまざまな海域の最新の知見のレビューを実施している。例えば本日の内容にはなかったが、伊豆・小笠原沖でのモデル化もトライしているが、これは複数の発電所に関する内容で、共通の波源の評価をしていると考えており、津波評価小委員会のこれまでの検討もこれと同様の位置づけになると考えている。レベル3を念頭に置いているかどうかという点では異なるが、あくまで共通的な波源等の知見の整理を続けているので、全国展開に向けてどう効率化するかという観点での活動と同様の役割を、これまでも果たしているし、これからも続けていくものと考えている。
- Q 伊方 SSHAC は地震の内容だが、土木学会の原子力土木委員会の地震の小委員会における伊方 SSHAC の扱いはどうなっているのか。直接的には伊方 SSHAC は地震の内容なので、もちろん津波評価小委員会でも参考にはできるが、地震の小委員会の方でどういう対応をしているのか確認したい。
- A 地震動そのものについては、実は原子力土木委員会の中では扱っていない。伊方 SSHAC はあくまで当事者である四国電力殿が実施したという位置づけになる。先ほど蛸沢委員よりコメントのあった、その後の展開、どう効率化していくのか、という点については土木学会とは別の委員会にて検討を進めており、原子力土木委員会と直接リンクしているというわけではない。
- C 最後に一点コメントさせていただく。今回資料について、非常に精力的にまとめていただいたと思っている。今後原子力土木委員会の小委員会で何らかの活動をしようと思ったときに、例えば冒頭で不確定性という用語を用いる、という風に仕切っていて、不確実さの取り扱いは原子力学会の様々な標準でやっているの、今後津波評価小委員会が国内外へ論文を投稿する際に用語は整合していた方が良いと感じた。日本語と海外の用語について、今見ていると違和感がある箇所があるので、今後は用語の統一をした方が良い。後ほど今回の説明資料について、違和感のある箇所の修正案を送付する。不確実さの取り扱いは、SSHAC が出たので用語は全て統一した方が良いか考えている。
- A 用語の取り扱いは重要であり、誤って用いると誤解や余計な議論の原因になると理解して

いるので、ご指導いただきたい。

以 上