

津波評価小委員会(2022年度第4回)議事録(土砂津波体系化)

1. 日時 : 2023年2月8日(水) 13:30~17:30
2. 場所 : WebEXによるオンライン会議
3. 出席者 : 高橋委員長、安中委員、今村委員、蛭沢委員、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、橋委員、平田委員、松山委員、米山委員
奥寺常時参加者、徳永常時参加者、西坂常時参加者、野瀬常時参加者、浜田常時参加者、福本常時参加者
木原幹事長、石島幹事、石原幹事、稲葉幹事、及川幹事、甲斐田幹事、加藤幹事、金子幹事、木村幹事、栗田幹事、木場幹事、佐藤幹事、志方幹事、芝幹事、中田幹事、土屋幹事、永松幹事、平井幹事、藤井幹事、保坂幹事、森幹事、山木幹事
4. 議題 :
 - (1) 事務連絡、その他
 - 1) 「原子力発電所の津波評価技術 2016」確率論的津波ハザード評価手法のうち不確定性の考慮方法に関する解説の土木学会 Web サイトへの掲載について 資料-1
 - 2) IUGG での発表について 資料無し
 - (2) 土砂を含む津波の波力評価技術の体系化に関する検討
 - 1) 津波評価小委員会(2022年度第3回)議事録案(土砂津波体系化) 資料-2-1
 - 2) 土砂津波実験 資料-2-2

以上

(1) 事務連絡、その他

1) 「原子力発電所の津波評価技術 2016」確率論的津波ハザード評価手法のうち

不確定性の考慮方法に関する解説の土木学会 Web サイトへの掲載について 資料-1

- Q 誤解があるというのは、杉野氏の論文をイメージしているのか。
- A 杉野氏の論文もそうだが、複数の論文で誤解した引用がなされていると認識している。
- Q 差し支えなければ、どの論文をイメージしているか教えてください。
- A 個別にどの論文かというのは差し控えるが、一番誤解が多いのは、解説①に関するところで、津波評価技術の手法では、不確定がロジックツリーで明示されているものしか考慮されていないとされている。そのため、不確定性として考慮している内容が不十分ではないかという誤った理解が見受けられる。2 点目は解説②の杉野氏の論文で指摘されている内容で、津波評価技術の手法では、平均的なスケーリング則に基づいた結果しか用いておらず、ばらつきは考慮されていないというものという理解で引用されている。
- Q p.4 の地震の発生頻度のところで、偶然的な不確定性を考慮していないように見えてしまう。分布の種類やパラメータを認識論的不確定性で扱い、その分布の中でどのように発生するかは偶然的な不確定性で考慮しているということか。
- A 平均発生間隔については、ロジックツリー分岐で与えているため、認識論的不確定性としてのみ考慮している。
- Q ここでは偶然的な不確定性の方は考慮していないのか。
- A あくまでも平均発生間隔である。
- Q 分布に従ってサンプリングしているのではないのか。何かしら分布があって、そこから標本を採るといって、偶然的な不確定性を考慮しているのかと思ったが。
- A 発生頻度としてよりも、重みとして抜き取っている。最終的な扱い方としてはロジックツリーの中で分岐とし平均発生間隔を何パターンか考慮している。
- C つまり頻度分布から発生間隔をピックアップしていると理解した。ここは誤解されやすいと思う。
- A ロジック分岐で設定するというのは、例えば超長期平均で見たとときの発生頻度がこのくらいであるとか、不確かさの幅がこのくらいであるとかということは、認識論的不確定性として扱う。偶然的な不確定性に入っている他のパラメータで見ると、自然の揺らぎという平均の前後で偶然的にずれるものを偶然的な不確定性で取り扱っている。そうすると長期での平均の地震の発生頻度が毎度変わるといことがイメージしづらいため、p.4 右側の欄はバーとしている。
- Q 誤解されている論文では、認識論的不確定性の考慮が足りないという指摘がなされているが、そうではなくという主張が今回の解説か。
- A 認識論的不確定性ではなく、偶然的な不確定性の方が誤解されている。認識論的不確定性の方は、ロジックツリーの分岐で明示されているため、これらは不確定性として考慮されているということをご理解いただいている。
- Q p.4 の表の欄が埋まっていた方が誤解がないのではないか。GR 則から地震を発生させるところは偶然的な不確定性で、角度や α 、 β などが認識論的不確定性なのかと思った。p.6 に Murotani et al.(2013)の図があり、赤破線の幅が考慮されていないということかと思う。

そうだとすると、縦方向の不確定性をロジックツリーで考慮しているということは。

- A Mw の中央が赤実戦で、中央値から-0.2~+0.2 まで偶然的な不確定性として考慮している。ただし、-0.2~+0.2 まで考慮するのか、-0.1~+0.1 まで考慮するのかは、認識論的な不確定性の話である。
- C 現時点では、論文の訂正をお願いするほどの深刻なものではないと考えているが、今後引用も増えていくことを考えると、丁寧に説明しておきたい。

2) IUGG での発表について

資料無し

- C 7月11日からの開催となる。期間中のいつ発表となるかは分からないが、他の方もぜひご検討を。

(2) 土砂を含む津波の波力評価技術の体系化に関する検討

1) 津波評価小委員会(2022年度第3回)議事録案(土砂津波体系化)

資料-2-1

- 疑義等あれば、幹事長まで連絡のこと。

2) 土砂津波実験

資料-2-2

- Q 波力も含めた測定位置について、移動床から作用壁までの距離によって水位波形が変わる可能性があり、それによって波力も変わると思われる。今回の実験で設定した移動床からの距離は、どういった実現象を想定したものなのか。また、その距離を伸ばした場合の検討は実施したか。
- A 移動床からの距離については、計画段階では作用壁を自由に移動できるように設計することも検討していたが、移動床からの距離があまりに短いと砂の巻き上がりが少なくなるなどの課題があったため、作用壁を固定して実験することとした。作用壁の位置は p.7 のとおり、予備実験において、移動床で巻き上がった津波が落ち着いた状態で計測できる位置とした。
- C 数値モデルと比較したときにそのモデルの信頼性が高ければ、数値実験としては作用壁の位置は自由に変えられるため、そういった検討はできると思う。
- A 数値モデルについても、今後 OpenFOAM を用いて作用壁の位置を変えたような検討もしていきたい。
- Q ハイスピードカメラを用いた水面角度について、どのような条件のときに先端形状パターン 1 ~ 3 になるというのは分かるのか。
- A 撮影画像を残しているため別途確認するが、人の目で見てもパターンを判定している。真水の場合、形状がきれいな状態が多いが、泥水の場合は色々なパターンがあり、横断方向に水面形状がばらつくため、測定者によっても角度は変わってくる。
- Q 先端形状のパターンによる波力の違いについては検討しているか。
- A まだそこまでの検討はしていない。
- Q 有川先生の論文を見るとすごく大きい角度になっているが、そのようにはならないのか。

- A p.15 の水面角度の計測結果では、最大値が平均の 2 倍程度のものもあるが、これは水面角度 1 であり先端の方であるため、これより後段のところではそこまで大きい角度にはなっていない。
- C 底面はほとんど抵抗がないが、もう少し角度が無いと、密度上昇以上に波力が大きくなるのではないかと思った。
- Q 濁度は計測しているか。
- A 計測しているが、検定が必要であるため今後整理する。
- C 縮流の実験では、真水と砂で遡上距離が変わってくるが、水位はそこまで変わらないように見える。
- A 水位波形では位相の違いが見られるため、もう少し分かりやすいように実験結果を整理する。
- C 到達距離は 1 割くらい砂の方が短く、水位も多少真水より小さくなっているのは、砂の巻上げによるエネルギー損失のためと思われる。
- A 斜面部で流速が落ちて水位が上がり、流れていくような水位波形となっている。
- C UVP による計測について、なかなか難しいというのは理解した。流速分布を測るという意味では新技術であり、うまく測定できるようになるまでには相当な試行錯誤が必要とのことであるが、今後こういった実験を実施するときには選択肢の一つとして検討してほしい。

以 上

津波評価小委員会(2022年度第4回)議事録(津波評価技術体系化)

1. 日時 : 2023年2月8日(水) 13:30~17:30
2. 場所 : WebEXによるオンライン会議
3. 出席者 : 高橋委員長、安中委員、今村委員、蛭沢委員、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、橋委員、平田委員、松山委員、米山委員
奥寺常時参加者、徳永常時参加者、西坂常時参加者、野瀬常時参加者、浜田常時参加者
木原幹事長、石島幹事、石原幹事、稲葉幹事、及川幹事、甲斐田幹事、加藤幹事、金子幹事、木村幹事、栗田幹事、木場幹事、佐藤幹事、志方幹事、芝幹事、中田幹事、土屋幹事、永松幹事、平井幹事、藤井幹事、保坂幹事、森幹事、山木幹事
4. 議題 :
 - (1) 事務連絡、その他
 - 1) 「原子力発電所の津波評価技術 2016」確率論的津波ハザード評価手法のうち不確定性の考慮方法に関する解説の土木学会 Web サイトへの掲載について 資料-1
 - 2) IUGG での発表について 資料無し
 - (2) 津波評価技術の体系化に関する検討
 - 1) 津波評価小委員会(2022年度第3回)議事録案(津波評価技術体系化) 資料-3-1
 - 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-3-2-1
 - ・2018年スラウェシ津波に関する検討 資料-3-2-2
 - ・1741年渡島大島津波の再現計算 資料-3-2-3
 - ・地すべり発生の解析手法 資料-3-2-4
 - ・地すべり挙動に関する検討(コメント対応) 資料-3-2-5
 - 3) 地震を要因とする津波に関する検討
 - ・庄内砂丘古津波の再現計算 資料-3-3-1
 - ・1771年八重山津波の再現計算 資料-3-3-2
 - 4) 津波解析手法の高度化に関する検討
 - ・ハイブリッド解析手法(実規模の津波に対する適用性検討) 資料-3-4

以上

(1) 事務連絡、その他

1) 「原子力発電所の津波評価技術 2016」確率論的津波ハザード評価手法のうち

不確定性の考慮方法に関する解説の土木学会 Web サイトへの掲載について 資料-1

- Q 誤解があるというのは、杉野氏の論文をイメージしているのか。
- A 杉野氏の論文もそうだが、複数の論文で誤解した引用がなされていると認識している。
- Q 差し支えなければ、どの論文をイメージしているか教えてください。
- A 個別にどの論文かというのは差し控えるが、一番誤解が多いのは、解説①に関するところで、津波評価技術の手法では、不確定がロジックツリーで明示されているものしか考慮されていないとされている。そのため、不確定性として考慮している内容が不十分ではないかという誤った理解が見受けられる。2 点目は解説②の杉野氏の論文で指摘されている内容で、津波評価技術の手法では、平均的なスケーリング則に基づいた結果しか用いておらず、ばらつきは考慮されていないというものという理解で引用されている。
- Q p.4 の地震の発生頻度のところで、偶然的な不確定性を考慮していないように見えてしまう。分布の種類やパラメータを認識論的不確定性で扱い、その分布の中でどのように発生するかは偶然的な不確定性で考慮しているということか。
- A 平均発生間隔については、ロジックツリー分岐で与えているため、認識論的不確定性としてのみ考慮している。
- Q ここでは偶然的な不確定性の方は考慮していないのか。
- A あくまでも平均発生間隔である。
- Q 分布に従ってサンプリングしているのではないのか。何かしら分布があって、そこから標本を採るといって、偶然的な不確定性を考慮しているのかと思ったが。
- A 発生頻度としてよりも、重みとして抜き取っている。最終的な扱い方としてはロジックツリーの中で分岐とし平均発生間隔を何パターンか考慮している。
- C つまり頻度分布から発生間隔をピックアップしていると理解した。ここは誤解されやすいと思う。
- A ロジック分岐で設定するというのは、例えば超長期平均で見たとときの発生頻度がこのくらいであるとか、不確かさの幅がこのくらいであるとかということは、認識論的不確定性として扱う。偶然的な不確定性に入っている他のパラメータで見ると、自然の揺らぎというか平均の前後で偶然的にずれるものを偶然的な不確定性で取り扱っている。そうすると長期での平均の地震の発生頻度が毎度変わるということがイメージしづらいため、p.4 右側の欄はバーとしている。
- Q 誤解されている論文では、認識論的不確定性の考慮が足りないという指摘がなされているが、そうではなくという主張が今回の解説か。
- A 認識論的不確定性ではなく、偶然的な不確定性の方が誤解されている。認識論的不確定性の方は、ロジックツリーの分岐で明示されているため、これらは不確定性として考慮されているということをご理解いただいている。
- Q p.4 の表の欄が埋まっていた方が誤解がないのではないか。GR 則から地震を発生させるところは偶然的な不確定性で、角度や α 、 β などが認識論的不確定性なのかと思った。p.6 に Murotani et al.(2013)の図があり、赤破線の幅が考慮されていないということかと思う。

そうだとすると、縦方向の不確定性をロジックツリーで考慮しているということは。

- A Mw の中央が赤実戦で、中央値から-0.2~+0.2 まで偶然的な不確定性として考慮している。ただし、-0.2~+0.2 まで考慮するのか、-0.1~+0.1 まで考慮するのかは、認識論的な不確定性の話である。
- C 現時点では、論文の訂正をお願いするほどの深刻なものではないと考えているが、今後引用も増えていくことを考えると、丁寧に説明しておきたい。

2) IUGG での発表について

資料無し

- C 7月11日からの開催となる。期間中のいつ発表となるかは分からないが、他の方もぜひご検討を。

(2) 津波評価技術の体系化に関する検討

1) 津波評価小委員会(2022年度第3回)議事録案(津波評価技術体系化)

資料-3-1

- 疑義等あれば、幹事長まで連絡のこと。

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年クラカウ津波に関する検討

資料-3-2-1

- C 再現性も大分良くなっているため、今後に期待する。火山性津波の評価では、火災の規模などの初期条件が分からない中で色々なシナリオを想定する必要がある。今回、信頼性のある手法が確立するとすれば、初期条件の違いによってどのように計算値が変化するかということも、今のモデルの中で検討してみると良いかもしれない。

・2018年スラウェシ津波に関する検討

資料-3-2-2

- 特段の議論なし。

・1741年渡島大島津波の再現計算

資料-3-2-3

- Q フールド数について、p.29 に土砂の移動に関するフルード数の記載があるが、0~10 分の間の土砂先端の平均水深 1320m というのは、単純に上層の水の厚さ、水深ではないかと思った。地すべりのフルード数であれば、土砂の平均厚さなどのパラメータを使わないとかなり小さくなるのではないのではないか。
- A 土砂移動のフルード数は、一般に水深を使用することが多いため水深を使用している。
- Q それは分かるが、これは水の水深ではないかというのが疑問。土砂のフルード数を評価するのであれば、土砂の厚さを設定する必要はないか、というのが個人的な疑問で、1320m という値は大きすぎるのではないかと感じている。
- A 今後、検討する。
- C 今回の Kkは通常の Kkとは異なる指標であるため、利用に当たっては十分留意すること。

- C 嶋原・Horrillo(2014)では、幅に関しては観測データから回帰式を作って求めていたが、そういうものが必要と思う。また、p.55 で示した図は Watts の定義とは違う。最初に水深 d と厚さ T を与える必要があるため、一意に決めるためにはこうせざるを得ないと思うが、何等か考慮する必要があると思う。
- A 嶋原・Horrillo(2014)のような北米大陸東岸のような事例がある場合は、実際の地すべり跡から、統計的に幅を拘束することも考えられ、その場合は 2 次元の場合でも幅をどうするか考える必要がないため、そういうやり方もあると思う。また、確率論の方では初期水位の推定方法について検討しており、 T を何で代表させるだとか、地形が一般的な場合にどう設定するかなど、数値計算から何が言えないかと考えているため、次回以降で報告したい。

- C 分散項を考慮したことで、かなり結果が改善されている。基本的には地すべりの挙動はソフトウェアを用いて計算し、上層のところはその結果を入力しても分散項を入れればそれなりに水位変動を表現できるということかと思う。最後にまとめているが、今後に向けて意味のある成果になっていると思う。
- Q 海底地すべりでは Kajiura フィルターを考慮しているが、陸上地すべりの方は水位変動が大きく不安定になりそうな気がするが、海底地すべりの方で不安定となったのはなぜか。
- A 海底地すべりは、動き出しの地形変化量が大きいためだと思われる。陸上地すべりは水に突入するときの層厚などが効いており、そこまで厚くないものが突入するため計算が不安定にならなかった。海底地すべりの場合は、最初から地すべり体が水の中にあり、そこで地すべり体が結構大きく動くため、地形変化量が大きくなる影響で計算が乱れるため Kajiura フィルターを考慮した。
- C p.14 の第一波の水位変動量が小さくなっているのは、Kajiura フィルターの影響なのかは、陸上地すべりの方でも考慮してみることで検証できるかと思った。
- C p.14 で第一波は小さくなっているが、第二波はそこまで変わらずむしろ小さくなっているほうがその反動で大きくなっているのかは分からないがそのようにも見える。一概に Kajiura フィルターの影響とは言えないのではないかと思う。
- A か原因等が分かれば考えていきたい。
- C p.16 の海底地すべりの陸側のほうで、水位が合わないというのは、深いところは線形分散波の挙動になっており、浅いところはソリトン分裂のような非線形分散波の挙動をしているものと思われる。今回のモデルだと、分散項のタイプを高周波成分も再現できるようなものに修正するだとか、移流項の精度の改善などが必要と思う。
- A 今後の参考とする。

3) 地震を要因とする津波に関する検討

・庄内砂丘古津波の再現計算

資料-3-3-1

- C 文科省ほか(2021)の断層パラメータは、以下の論文の Supplementary Information にも収録されている。
<https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-022-01594-6>
- Q p.10 で、植松（2018）において津波堆積物であるかで疑わしいとされた庄内砂丘北部はということについて、植松（2018）で、砂丘で見つかったとされる津波堆積物自体に疑念を呈されたということか。それとも遺跡の状況等から解釈したのか。
- A 山野井ほか(2016)の津波堆積物の調査結果というよりは、遺跡の状況を見るに、その遺跡のところに津波が来たかどうか疑わしいという意味である。
- C 北部には、今回シミュレーションで色々比較するための材料が飛島以外ほぼないということか。
- A そのとおり。
- C 北部と南部では、時期が違いイベントとして論文では示されており、一個の断層モデルで両方を説明できるということには必ずしもならないと思う。また、北部の砂丘の痕跡がない状況で北部を検討するのは、あまり比較対象が無いためうまくいかないと思っている。ここでは、それを説明できるかどうかということを検討するということであれば、北部にも南部にも痕跡点を入れて検討してみてもどうかと思う。

・1771年八重山津波の再現計算

資料-3-3-2

- C 八重山地震のスケーリングについて、断層を長軸方向にどこまで延ばしてよいか制約となる情報が無く、今回のモデルも石垣-宮古間に限って断層を設定しているため、全体的に断層面積が小さいのではないかと思う。北東方向には、沖縄本島で被害がないという情報しかないので、そこまで影響が出ない範囲で断層を延ばすことはできると考える。

4) 津波解析手法の高度化に関する検討

・ハイブリッド解析手法（実規模の津波に対する適用性検討）

資料-3-4

- C 佐藤ほか(2016)に3次元領域を示していなかったか確認したが、記載がなかった。
- A どこが3次元領域なのかは書いてあったと思うが、それをどのように決めたかは書いていない。
- C 概ね p.3 に示されている領域を2mメッシュで作成して3次元解析した。佐藤さんの修士論文に記載されているため、必要であれば提供する。
- Q 結論のところ、1wayで接続したとあるが、今後も1wayなのか。
- A この1WAYは、2Dと3Dの接続は2wayだが、平面2次元同士を1wayで接続しているということである。
- Q それはなぜ2wayにしないのか。

- A 地震の地殻変動量を計算して与える津波計算モデルとハイブリッドモデルを、2way でうまく接続する構築が間に合っていないためである。
- Q 計算時間が1日というのは、全て2次元で計算するとどのくらいかかるか。
- A 2次元だと3時間程度である。
- Q 水位をフル2Dとハイブリッドとで比較しているが、最初に水がないところで比較はしているか。
- A 海域のみで比較している。
- Q わざわざ3Dにすることの意味は、陸上の検討になって初めて出てくる場所であるため、これから検討するときには、陸上の適当な地点を加えていただき、もしそこまで同じならハイブリッドにする必要はないのでそこでは違いが出て良いと思う。ハイブリッドの場合、p.14の窪むところで明らかな違いが出るというような解析ができるという話になると良いと思う。
- Q 2Dと3Dはどのように接続しているのか。メッシュサイズは同じにして接続していると思うが、今後そうするのか。
- A 3Dモデルだけ細かくすることはできるが、メッシュサイズを同じにした方が不自然な流れが起きにくいので、今のところは同じにしている。
- Q 以前に検討したとき、メッシュサイズを細かくすると、接続方法次第では変な結果になったため、変えるのであれば注意が必要。また、3Dのときの鉛直方向の格子幅、格子高さの検討もした方がいい。水平に対する鉛直と、波に対する鉛直格子サイズもあるため、そのあたりも検討すると今後使いやすくなると思うが、これについては検討しているか。
- A まだ十分に検討できていない。As比の影響はあると思うため、引き続き検討したい。
- C 3Dの場合に沖の方は粗いメッシュにするが、3Dの中でまたネスティングして細かくするため、どこかでまた不都合が起きると懸念もあるため検討してほしい。
- C 富岳を使って大容量の計算もした方がいいと思う。無料で使うこともでき、富岳の管理者によると産業分野で使うのはウェルカムだとのことなので、フル3Dの計算をしてみると面白いかもしれない。
- A ぜひ試してみたいが、富岳のMPIのシステムが、通常のパソコンで使っているプログラムに対して本当に早くなるかというのが、ソフトウェアごとに検証が必要な段階という話も聞いている。
- C 京のときは状況が変わってきている。富岳はサポート体制がしっかりしており、MPIも一緒に考えてくれるとのことである。港空研で開発したプログラムも計算できると聞いているので、意外にできるかもしれない。
- A 今後関係者にヒアリングするなどして検討する。

以上