

土木学会原子力土木委員会 津波評価小委員会（2018 年度第 1 回） 議事録（案）

日 時 2018 年 9 月 27 日（木） 9：00～12：00

場 所 主婦会館 8 階 スイセン（四ツ谷）

出席者 高橋委員長、天野委員、有光委員、安中委員、蛭沢委員、加藤委員、斉藤委員、
嶋原委員、清水委員、菅原委員、高川委員、谷委員、富田委員、平田委員、八木委員、
米山委員
奥村常時参加者、神田氏（川真田常時参加者代理）、森野常時参加者
松山幹事長、木原幹事、木場幹事、佐藤幹事、玉田幹事、殿最幹事、藤井幹事、
藤田幹事、森幹事、山木幹事
甲斐田オブザーバー、加藤オブザーバー、木村オブザーバー、栗田オブザーバー、
志方オブザーバー、中田オブザーバー、土屋オブザーバー、保坂オブザーバー、松田オブザーバー

議 題

- | | |
|--|--------|
| (1) 前回津波評価小委員会議事録の確認 | 資料-1 |
| (2) 研究全体計画 | 資料-2 |
| (3) 実験計画の概要 | 資料-3 |
| (4) 地震を要因とする津波の確率論的評価に関する検討
—再現性指標に関する検討—
既往津波再現計算の検討対象、検討方針について | |
| ・日本海東縁部 | 資料-4-1 |
| ・日本海溝・千島海溝 | 資料-4-2 |
| (5) 非地震性津波の決定論的評価手法に関する検討
非地震性津波実験の再現計算 | |
| ・海底地すべり（本実験、PKLS モデル） | 資料-5-1 |
| ・陸上地すべり（3次元解析結果の分析） | 資料-5-2 |
| (6) 非地震性津波の確率論的評価手法に関する検討
—地震等を起因とする地すべりの評価方法の検討— | 資料-6 |
| (7) 取放水路水位評価に関する検討
（計算条件の見直し等による実験の再解析） | 資料-7 |
| (8) その他 | |

議 事

(1) 前回津波評価小委員会議事録の確認

資料-1

特記事項なし

(2) 研究全体計画

資料-2

- Q : 今フェーズで新たに入ってきた津波 PRA やフラジリティ、確率論的津波評価の重みづけ等の項目は、日本の原子力業界の動きを意識したことにより追加するものか、それとも原子力学会の基準等に基づいて実施するものか。親委員会である原子力土木委員会は、他の学協会との連携をよく行っているが、この小委員会もそのように動いているのか。
- A : 研究項目には他の学協会と関係するものや重複するものはあり、親委員会の動向も見つつ進めている。本小委員会の委員の中には親委員会や他の学協会のメンバーにも入っていただいているため、そうした関係も通じて情報共有・連携していると考えている。
- Q : 津波フラジリティの評価については、様々な対象構造物に対してフラジリティを評価する必要がある。どのようなものがリスクに直結するのかを意識したうえで検討対象や部位、モードを考える必要がある。そのためには親委員会とタイムリーに連携していく必要があり、小委員会のアウトプットが他の委員会等の良いインプットとなる。
- A : 必要な検討は実施していく。なお、本小委員会ではハザード評価をメインに進めていく。
- C : 他の学協会の動向も注視して検討を進める必要がある。他でやっていることのコピーではなく、独自の検討を進めてほしい。
- C : 研究項目のうち 2 次元モデルと 3 次元モデルのハイブリッド手法については過去に検討したことがありおそらく助言が可能である。
- Q : 三次元モデルの知見収集整理について、今フェーズでは実際に計算をするのか、それとも文献整理か。
- A : 後者のイメージ。レビューして整理する予定。
- C : 海岸工学委員会の津波小委員会で水理模型実験の実験結果を整理してデータを活用できる状況にある。余裕があるなら計算も実施していただきたい。
- C : 論文には乱流モデル選定理由等は明記されないことが多く、計算してみないとわからない。そのため可能なら計算は実施した方が良い。
- A : 念頭に置いておく。
- C : すべての計算は難しいが、モデルの信頼性、再現性についても検討していきたい。
- C : 海岸工学委員会の津波小委員会でも水理模型実験の実験結果を公開するポータルサイトを立ち上げているが、その中で各手法の比較も実施する予定。そちらとの連携を図るとよい。

(3) 実験計画の概要

資料-3

- Q : 砕波実験の計測項目は水位か。衝突力を計測する予定はあるか。
- A : 主に水位を計測する予定。流速の計測および動画撮影も考えている。衝突力は今のところ計測しな

い予定でいる。衝突力を計測するには模型縮尺が小さいと考えている。

C : 最終的には衝突力の実験まで実施しておく検討し甲斐があると思われる。

Q : 小委メンバーで実験を見学するタイミングはあるか。全ての実験を見学することは難しいと思うが。

A : 今後実験工程と合わせて検討していく。

(4) 地震を要因とする津波の確率論的評価に関する検討—再現性指標に関する検討—

既往津波再現計算の検討対象、検討方針について

資料-4-1、資料-4-2

Q : 50m メッシュでの検討自体は実施すべきと思う。目的は κ の確認とあるが、確認した結果をどのように使うのが重要である。確率論的評価であればロジックツリー展開、重みづけに反映するという流れになるが、どういうイメージでいるか。

A : 年次展開では 2020 年に適切な津波推定値の検討を実施するとしており、この年次で反映方法を検討する予定である。具体的なイメージは現時点では持ち合わせていないが今後検討したい。

Q : 昨今は津波 SSHAC での検討が進んでいるため、その考え方を意識すると良い。また不確かさの評価の中で κ は重要なパラメータであり、ここで検討した結果を津波 SSHAC や安全性向上評価等へも水平展開できるとよい。

A : どのように使っていくか学協会との連携も含めて今後検討していく。

C : これまでの 200m メッシュでの検討から 50m メッシュでの検討となり解像度は上がるが、近年の実務の状況を見ると 50m はまだ粗いという印象。それよりも解像度の違いによる κ の違いを見るという視点が重要。解像度の違いにより K 、 κ とは別の指標や K 、 κ のレンジを変えるということも考えられるので、そこまで踏み込めると良い。

C : 波源モデルが均質モデルか不均質モデルかによって K 、 κ は異なると考えられるため、波源モデルの自由度と K 、 κ のレンジとの関係を整理すると良い。自由度が高い波源モデルの方が、 κ が小さくなることが想定されるため、そのような違いに着目して整理すると良い。

Q : 痕跡データには何をを用いるのか。津波痕跡 DB を信頼して使うのか。

A : 津波痕跡 DB はそのまま使うとするとエラーデータが存在するので精査が必要。1983 年日本海中部地震や 1993 年北海道南西沖地震については津波痕跡 DB を含めて過去に文献を確認しているので、「主要文献に基づき作成」とした。そのまま使ったのではなく確認した上で使っている。DB については、どのように使うか整理した上で進める。

Q : K 、 κ は対数正規分布を意識して式を作っていると思うが、 κ の式に中間項が一つ抜けているのではないか？ 中間項があれば、最尤法に近い形になると思われる。

C : その点については以前に議論した可能性がある。

A : 別途確認する。

C : 50m メッシュは、港湾等の地形を考えるとまだ粗い。計算技術の発達を考えると、空間格子サイズにより K 、 κ がどう変わるかを今フェーズでは見ておく必要がある。50m メッシュでの K 、 κ はわかっても、違う

メッシュでの K 、 κ はどうかという話になるので、それに対する答えを検討すると良い。

- C : 今は自治体でも 50m メッシュではなく 10m メッシュで計算している。50m メッシュは特段小さいという感覚はない。
- C : 仙台平野で 3. 1 1 の浸水計算を行ったことがあるが、50m メッシュと 10m メッシュとでは浸水範囲が全く違う。地形の微細さで浸水範囲は大きく変わってくるため、ぜひ細かいところまで検討していただきたい。
- A : まずは 50m メッシュでと考えている。痕跡の解像度の問題もあるため、古い地震ではあまり空間格子サイズを小さくしても意味がないと考えている。
- C : 統計値として K 、 κ を整理した場合に、レンジから外れるのはどのような特徴のある地点かなどの傾向が整理できると、それを改善するにはどうすればよいかという話に繋がる。
- A : 検討する。
- C : メッシュサイズ、断層モデルの自由度の 2 点を横軸と縦軸として使って、統一された見方で K 、 κ との関係を整理し提示いただけるとありがたい。
また、50m メッシュはもはや小さくないというコメントについてフォローするが、文科省・防災科研で実施している確率論的津波ハザード評価は、広域的な評価となることから 50m メッシュが基本となっている。広域的な観点からは 50m メッシュが全く粗いということはない。
- C : 原子力サイトを対象とした場合には、まさに 1 地点で評価をすればよく、文科省・防災科研とは立ち位置が異なる。原子力特有の不確かさを考えるという立場に立って、整理する必要がある。
- C : 文科省・防災科研も、土木学会の K 、 κ の基準を常に横目で見ながら仕事をしている。50m メッシュでも検討する意義はある。
- C : 本研究項目の原点は $\kappa=1.45$ の設定根拠の明確化である。
- C : これまでの経験上、局所的な痕跡高の再現性の向上はすべり量の調整では難しい。局所的な地形の影響で大きくなるものはすべり量の調整では再現できない。これまではそのような痕跡高を包絡するようすべり量を大きく設定していたが、それでは地震動のモデルとの差異が広がってしまう。それなりに解像度あるメッシュで計算し κ がある程度落ち着いていることを確認した上で K を調整してやれば、波源の推定が可能。その観点からも κ が重要であり、今回は κ に着目している。

(5) 非地震性津波の決定論的評価手法に関する検討 非地震性津波実験の再現計算

・海底地すべり（本実験、PKLS モデル）

資料-5-1

- C : PKLSモデルについて、簡易なモデルではあるが、波形、特に周期が合っていないことが気になる。津波の周期について、実験では沖側で短く陸側で長くなっているが、計算ではどちらも一定になっている。まずは周期について検討していただいてから検討を進めた方が良い。
- A : 今回地すべり体を等速度で移動させたモデルに対して、地すべり体を等加速度で移動させたモデルを試検討として実施している。その解析結果を見ると、終端速度が考慮されていないので波形にヒゲが出てしまっているが、周期は合ってきている方向であると考えている。
- C : 等加速度で移動させたモデルでは周期は改善しているように見える。
- Q : 私も周期が合っていないという印象。実験では地すべり体の移動速度を計測していないのか。

- A : 平均速度しか計測できていない。
- Q : 実験映像から検討することはできるか。
- A : 実験映像は残っている。終端速度なども含めて検討する。
- C : 物体の加速度について、静摩擦から動摩擦に切り替わる部分を考えると、地すべり体の動きはじめはもっと滑らかになる可能性もある。
- C : 地すべり体の終端速度も考慮すると、地すべり体の止まる部分ももう少し穏やかになると思われる。
- A : 実験映像から速度を確認し、再度検討する。
- C : PKLS モデルでは、鉛直方向の入力を与えているが、断面スナップショットをみると、地すべり体の厚さが水深のほとんどを占めている時間もあり、水平方向の流速成分に大きな影響を与えている可能性がある。一般の解析で流速成分の入力を与えるのは難しいかもしれないが、この実験に関しては流速成分を入力することは可能だと思われる。流速成分の入力の有無がどの程度影響するのかについては、検討してもよいと思う。
- A : 検討する。

・陸上地すべり（3次元解析結果の分析）

資料-5-2

- Q : 2次元解析結果と3次元解析結果の比較で分かりやすく課題が見えた。地すべり体が突入する0.2~0.3秒あたりの海水の挙動が伝播の違いに繋がっているように見受けられる。ちなみに物理現象としてのこの実験の波はどういった波（長波、深海波、浅海波）か。深海波だと分散性を入れても再現が難しい。
- A : 前フェーズに検討を実施しているが、多くのケースでは浅海波の範囲に収まっていた。
- C : 3次元解析結果の時刻歴は、実験結果と比べて早く収まりすぎているように見える。
- A : 3次元解析結果と実験結果とは反射まで見ると違っているが、第1波の波形は概ね一致している。解析の境界条件として完全反射境界を用いており、そこが異なる可能性がある。
- C : 3次元解析であるのでもう少し一致していても良いと思う。
- C : 動画等で伝播状況を確認した方が良い。
- Q : 陸上地すべりを発生させる要因として何を想定しているか。
- A : 地震と地震以外の両方である。
- Q : 突入速度として地震による地すべり体の突入速度を考慮しているのか。
- A : 実験では突入速度を計測していないがビデオからある程度は分かる。速度を変えた実験はしておらず、常に同じ位置から地すべり体を滑らせている。
- C : 例えば地震による急斜面のすべりであれば突入速度までシミュレートできる。実験との比較の前に、実際の自然現象がどのようになっているのかを検討した方が良い。原子力土木委員会の地盤安定解析高度化小委員会では、地震により地すべりが生じた際のシミュレーションを個別要素法（DEM）で詳細に検討している。突入速度について検討するなら、それを参考にすると良い。また初速度が波形にどう影響するかを確認した方が良い。

- C : 地盤安定解析高度化小委員会では、水中のモデルはないが、気中のモデルはあるため参考となる。
- C : 不確かさがある範囲で絞ってやると、気中での DEM での再現性は良い。初速度が重要であればそちらの小委とも連携するとよい。
- Q : 初速度とは、水面への突入時の土塊の速度か。
- A : そのとおり。土塊の突入時の初速度を 2 層流に反映するという手法もあるので、そちらも検討したい。
- Q : 3 次元の土塊モデルは、なぜ頭の方から垂れるのか。
- A : ゲートを徐々に下げたときに、上の方から崩れる結果となる。
- C : 模型的にはこのような崩れ方となるため、今フェーズの実験ではそれを解消するための検討も行う。

(6) 非地震性津波の確率論的評価手法に関する検討—地震等を起因とする地すべりの評価方法の検討—
資料-6

- Q : 嶋原(2015、2016)の方法を用いて津波ハザード評価を行うには、海域の地震動ハザードカーブが必要となるが、例えば防災科研の地震動ハザードカーブは陸域のものしか公開されてない。地震動ハザードカーブを作るところから始める必要がでてくるがどのように考えているか。
- A : まずは情報ないからと排除するのではなく方法論から検討したいと考えている。その上で、労力とコストをかければできるとするか、現実問題として情報がない場合が多いのでその場合の代替案を示すのかななどを整理したいと考えている。
- C : 地すべり地点として水深の小さい領域を考慮する場合には、陸域の地震動ハザードカーブで代替してもよいかもしれない。方法論から整理する必要があるかもしれない。
- Q : 大西洋大陸縁辺域の地すべり面積の累積頻度について、この地域では大きな地震は起こっていないと思うが、示されている地すべり面積が小さいことを考えると、これらの地すべりは微小地震で発生しているという理解でよいか。地震以外の要因で発生しているということはないか。
また、地すべり規模と地震規模の対応について、小さな地震でも大きな地すべりが発生する可能性を考えなくてもよいか。
- A : 文献には、この地域の海底地すべりの成因はほぼ地震動であるという記載もあったと思うので確認する。
また、地震規模と地すべり規模の関係については、今回示した大西洋大陸縁辺域での事例が地形や地質が比較的均質な地域の事例である可能性もある。地震規模と地すべり規模の関係については、地域に応じてどこまでのばらつきを不確かさとして考慮する必要があるか、今後検討する。この事例を持って、地震規模と地すべり規模の関係が一意に決まるということをいつもりはない。
- C : 地すべりの成因は地震動だが、地すべり規模は周辺地形等の条件が卓越するということもありえる。
- A : 日本周辺でも同様の関係があるのかは検討する必要がある。
- C : 同意見である。地すべり規模は地すべり地点の状況に大きく影響を受ける可能性があるので、それをばらつきとしてみる必要がある。
- Q : 地すべり津波の確率論的評価手法を整備する必要は理解するが、結果をどのように使うのか。地す

べり津波の評価は後段に影響しないという結論もあり得るのではないか。研究の目的をどう考えているか。

A： 前フェーズの試算も含めて考えると超過確率が小さいので評価しなくて良いというには不確かさが大きすぎるため、その判断ができる状況にないと考えている。そのため、個別の地点で影響の大小を判断する手法を整備する必要があると考えている。今フェーズの試算の中でも、地すべり津波を現象論として考えなくても良いということを言い切ることは考えていない。

C： どこまでの検討をするか見通しておく必要がある。

C： 認識論的不確かさの下限值がどこかを議論することが有用と考える。例えば、現象論として地すべりが発生する可能性のある地震規模、地震動レベルの下限値を押えておくと言明性が高くなると思われる。

(7) 取放水路水位評価に関する検討（計算条件の見直し等による実験の再解析） 資料-7

Q： この検討は取水ピットの方まで計算領域を拡張することが目的か。

A： 原子力サイトの取水設備の水理応答解析は次元解析で行われており、その妥当性確認のために実施している。

C： このようなモデルで浸水解析を実施した結果得られるアウトプットは後段の評価にとっても良いものになると思う。

(8) その他

C： 次回小委は12/17（月）PMの予定。詳細は追って連絡する。

以上