

## 土木学会原子力土木委員会 津波評価小委員会（平成 29 年度第 2 回） 議事録（案）

日 時 平成 29 年 10 月 6 日（金）9：00～12：30

場 所 土木学会講堂

出席者 高橋委員長、天野委員、有光委員、安中委員、蛭沢委員、後藤委員、佐竹委員、  
清木氏（清水委員代理）、菅原委員、高川委員、竹下氏（加藤委員代理）、  
谷委員、富田委員、平田（一）委員、平田（賢）委員、八木委員、山中委員、  
米山委員

奥寺常時参加者、野瀬常時参加者、松崎常時参加者、森野常時参加者、  
神田氏（川真田常時参加者代理）、藤田常時参加者

松山幹事長、池野幹事、木場幹事、玉田幹事、殿最幹事、藤井幹事、藤田幹事、  
山木幹事、佐藤幹事、森幹事

大平オブザーバー、木村オブザーバー、栗田オブザーバー、志方オブザーバー、  
土屋オブザーバー、中田オブザーバー、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) 非地震性津波の実験の再現計算
  - －陸上地すべり（本実験、KLS モデル） (資料-2)
- (3) 非地震性津波の実験の再現計算
  - －海底地すべり（本実験、二層流・KLS モデル） (資料-3)
- (4) 非地震性津波の確率論的評価手法に関する検討 (資料-4)
- (5) 取放水設備内水位の確率論的評価手法に関する検討 (資料-5)
- (6) 取放水設備内の津波による砂移動実験の再現計算 (資料-6)
- (7) 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) 非地震性津波の実験の再現計算－陸上地すべり（本実験、KLS モデル） (資料-2)

Q: KLS モデル (Kinematic Land Slide モデル) は、実験の第 1 波目を精度よく再現しているが、後続波についてはあまり精度がよくない。一方、Watts に基づく手法は実験の第 1 波目もうまく再現できていない。Fritz の式は実験より導かれた式であるため精度はよいと思うが、後段で用いる Watts の式に精度がないということか。

A: Fritz の式により算出された  $\eta_{0,2D}$  の最大すべりを見ると、その計算値は、実験値とずれていない。 $\eta_{0,2D}$  を用いて  $\eta_{0,3D}$  を算出する際、つまり、三次元的に水位が上昇する際の広がり考えた場合に計算精度の影響が表れている。

Q: Watts の式と Fritz の式は、両者ともに初期水位だけを与えるものである。つまり、流速は

0 としている。予測式として、流速が考慮されていないことについて違和感がある。予測式は、流速の影響を含めて初期水位に反映しているということかもしれないが。

Q: 実験によりパラメータを調節しているため予測式には流速が考慮されていないが、流速の効果を踏まえた上での予測式と認識している。それよりも予測式として、 $\alpha$  (傾斜角) を考慮していないのが気になる。発生する波高は突入速度に依存するような気がするが、式には $\alpha$ が入っていない。

A: Fritzの実験は、粒状の実験体を押し出したもので、突入速度のみで整理されたものである。

Q: つまり Fritz の式は、初期水位を算出する過程において、突入速度の効果も考慮されているということか。

A: そのように考えている。

Q: Watts の式で流速が考慮されている訳ではないのか。

A: Watts の式においても流速は考慮されていない。

Q: 前の議論に戻るが、Fritz の予測式は二次元的な計算であり、この  $a_c$  (最大水位上昇量) を用いて Watts の式による  $\eta_{0,3D}$  を計算したということであった。そのため、今回実施した実験には既に三次元的な効果が入っていると考えられる。したがって、三次元的な効果が含まれた実験結果である  $a_c$  (最大水位上昇量) を用いて、二次元の津波波高  $\eta_{0,2D}$  を算出し、その後、三次元の津波波高  $\eta_{0,3D}$  を算出するというのは違和感がある。結果として、元々水位が小さいケースであるのに、この計算過程によりさらに水位が小さくしてしまっている。Fritz の予測式から Watts の式への水位の受け渡しのプロセスについては、もう少し検討できないか。

A: 今回の実験は、三次元的のものである。Watts の式に入力する水位がないため、Fritz の式を用いて算出しているため、このような形になっている。

Q: 実験映像を見ると、S 値や速度というのは既に粒状のものが落ちてくる時点で三次元的に小さくなるのではないか。Fritz の実験は、細い水槽で実施されたものであるため、波が横方向に拘束され、波高が広がっていないため、Fritz の実験と今回の検討内容は、状況が少し異なるのではないか。

C: 計算に用いた波長  $\lambda_0$  が大きすぎて分母が大きくなり、波高が小さくなってしまったかもしれない。実験に対して細く長いものを計算してしまっているかもしれない。

A: 幅に関しては、初期形状の幅を計算に入力しており、形状を見る限り、そこまで広がってはいないので、大きな違いはないと考えている。波長  $\lambda_0$  をもう少し小さくすると  $\eta_{0,3D}$  ももう少し精度が向上すると思う。

Q: KLS モデルによる押し波の 1 波目は実験値と合っていると思うが、1 波目の引き波が合っていないのはなぜか。

A: 陸上付近の水面は盛り上がるのみであるため、1 波目は押し波が発生しないためである。

Q: KLS モデルを陸上地すべりに使用することに関してよく分からないのだが、堆積域のみが堆積して盛り上がるということか。

- A: そのとおりである。
- C: それは想定外の使い方である。
- C: 今回はその様な使い方をした場合、どの程度の精度があるかを確認したもの。

(3) 非地震性津波の実験の再現計算－海底地すべり (本実験、二層流・KLSモデル) (資料-3)

- Q: 今後の予定に記載されている、二層流モデルの形状が小さいパラメータの検討とはどのような意味か。
- A: 今回の検討では、一般的に使用されている二層流モデルのパラメータと同じパラメータを使って計算をしているため、本来固定であるはずの形状が時間とともに変化してしまっている。できるだけ固定形状を維持するよう粗度係数等を調整するなどの検討を今後実施する。
- Q: 二層流モデルの計算結果の土砂空間分布のスナップショットについて、初期地すべり位置にマイナスの部分があるが、どういう意味か。
- A: この図は土砂の絶対値ではなく、土砂の差分を描画しており、マイナスは土砂が移動した後ということである。
- Q: KLSモデルについて、陸上地すべりの場合は堆積域だけを考慮している一方、海底地すべりの場合は崩壊域だけを考慮しているのは、比較として妥当なのか。
- A: 今後、陸上地すべりと同じように堆積域も考慮し、適切にパラメータを設定していく。
- Q: 実験ケースのうち、一部ケースで短周期の波が認められるが、この原因について何か考察できないか。
- A: 今後検討する。

(4) 非地震性津波の確率論的評価手法に関する検討 (資料-4)

- Q: 本日の説明では、3つの解析モデルをロジックツリーで分岐させるということであった。しかし、ここまでの検討により、3つの解析モデルにはそれぞれ特徴があるということが分かっている。3つの解析モデルを最後にまとめてしまうのは、パラメータスタディの目的として意味があるのか。3つの解析モデルを分岐として扱わず、各々のモデルを用いたケースとして、計算結果を算出してはどうか。
- A: ロジックツリーで分岐として扱うので、3つの解析モデルうちどれかの解析モデルが最も真実に近い値という考え方になる。ただし、パラメータスタディの分析においては、パスごとに整理することもできる。
- Q: この検討方針を見る限り、非地震性の津波のリスクは地震性の津波のリスクと比較して非常に小さいように思えるが、場合によって同等となることもあるのか。地震性の津波と比較して非常に小さいということをお大卒で評価をする程度でも良いのでは。炉心損傷確率

(CDF) に対する影響は小さいのではないか。

- A: 非地震性津波は、地震性の津波と比較すると小さいかもしれないが、局所的に大きくなる場合もある。それを学術的に確認しておくことは重要である。
- C: 非地震性津波については、よくわかっていない部分が多くある。確率が大きい小さいかもまだ分かっていないので、確率論を検討していくことは必要と考えている。また、CDF に対する非地震性津波の影響は小さいかもしれないが、PRA の本質は、CDF の絶対値ではなく、どこが弱点であるかを見つけ出し、それを改善することにより発電所の安全性を高めていくことである。CDF が低いというだけで、議論を終わらせることはできないと考えている。
- Q: 地すべりの発生間隔について、堆積速度の関係から発生間隔を決めているが、現在は海進期であり大陸棚には柔らかい完新世の層が多く溜まっていることを考えると、海底地すべりはどこでも起きてもおかしくないという考え方はないのか。
- A: 地すべりの物理的機構を考慮しなければ、どこで地すべりが起きてもおかしくないという考え方に基づいた評価も可能である。
- Q: 非地震性の地すべりにより津波が発生した場所については、過去数千年間でそのような地すべり性の津波の発生回数を津波堆積物等により割り出し、その回数を沿岸の長さで除せば、確率が算出できるのではないかと思った。堆積速度のみで検討すると、地質学的な時間感覚になってしまう。現代は海進期のほぼトップであるので、堆積物は厚く溜まっていると思う。
- A: 地形や地質の情報によりどこまで発生間隔等を設定できるのかという調査精度に関するコメントと思う。今回の検討では、発生間隔等についてある程度事前の調査で分かっているという仮定の基に試算を進めたいと考えている。
- Q: タービダイトに関する情報は発生間隔に考慮できないか。
- A: 特定の地域を決めて検討しているので、地形や地質の調査はできると思う。今回の試算では、地形や地質の情報については考慮していないため、地すべりを仮想的に設定した。
- Q: この検討で非地震性津波の確率論的評価手法に関するある程度の枠組みを整備できれば、おおよそのリスクを把握できるのではないか。
- A: 今回の設定を用いて評価するとハザードレベルは  $10^{-8}$ ~ $10^{-9}$  という小さい値になるかもしれないが、実際のデータではそうではない可能性もある。
- C: 堆積速度を算出する際、一般的には上から降り積もる速度を想定する。しかし、横から流れてくるものもあるため、実際の堆積速度は想定より速いかもしれない。
- C: テフラや地層のデータを考慮すると、今回の検討対象としている年代のレンジが狭いので、発生間隔の算出にはあまり使えないと思う。

- C: 解析の設定方針について、ブロックダイアグラムと表が合っていない。
- A: 修正する。
- C: 地震の繰り返しを考える際の応力に相当するものが、おそらく堆積速度だと思う。つまり、堆積速度が速いと大きな地すべりが発生しやすいと思う。そのように発生間隔や規模を想定することが、津波を予測する上で重要だと思う。
- C: 平坦な海盆状地形や海溝などの表層の話なので、堆積速度が速ければ土砂の供給が多いため、地すべりが発生しやすいという考え方もある。しかし、昔は堆積していたが、それから時間が経ち、堆積速度は小さくなっているが、地殻変動や新たなプレート境界が生まれようとしているような日本海東縁の様な地域では、海底地すべりが起きやすいと思う。そのため、先ほどのコメントのように、海底の観測データを使う場合は堆積速度だけではなく、その他の研究事例も参考にした方がよいと思う。
- C: 津波を励起する地すべりと、タービダイトのような薄い乱流が駆動するような流れとは、見ているものが違うと考える。例えば、タービダイトの発生間隔よりも、海底地すべりの方が頻繁にあると思う。通常、タービダイトと海底地すべりの発生間隔の関連性などに着目した調査は行われないため、そのような情報は稀有である。
- Q: 発生間隔の下限については把握することはできるのか。
- C: タービダイトの発生頻度は低いため、それよりは頻度が高いということが言えるかもしれない。
- C: タービダイトが発生間隔と地震の発生間隔とが関係することを主張した研究がある。つまり、タービダイトの年代を調べることにより、地震の発生間隔を求めるという研究もある。
- C: 試算を行う必要があるため、発生間隔についてコメントされた方に意見を伺いながら検討して頂きたい。
- C: 発生間隔を特定震源と領域震源のどちらとして検討するかであるが、領域震源で検討するとして仮に G-R 則を無理やり適用した場合、おそらく b 値よりも a 値の方が効くと思う。a 値の影響度合を把握すれば、領域震源として検討しても特定震源として検討しても似たようなハザードになると思う。
- A: 発生間隔については、計算プロセスの最後のステップで処理をするため、さし当っては、現状案で地すべりの計算を進める。
- C: 試算のやり直しが起こらないよう、共通認識は取ること。

#### (5) 取放水設備内水位の確率論的評価手法に関する検討

(資料-5)

- C: モールの応力円と関係付けると、逆断層の傾斜角は  $60^\circ$  が最大で、正断層の場合は  $30^\circ$  が下限と言われている。検討に用いている仮想断層の傾斜角は、逆断層としては上限値を用いているため、断層の存在としては可能性の低いのではないかと思う。
- C: 現在の確率論的ハザードは、最大津波高だけで定義しているが、例えば、地震動の検討で

あれば周期ごとのバザードを出している。そのため、今回のような波高に基づいたハザードを定義すれば、手法Aと手法Bは基本的には同じである。アプローチはよいと思うが、次のステップで、最大津波高だけでなく津波の周期特性も考慮できるようにすれば良いと思う。

- C: 入力波の不確かさを認識的不確かさでとしているが、入力波の不確かさは基本的には偶然的な不確かさに含まれる。ハザードとフラジリティの取合いの部分は偶然的な不確かさに入れるというのが標準的な考え方となっている。
- Q: 入力波の不確かさが偶然的な不確かさになるのか。
- C: 将来どのような津波がくるかということは知識不足ではなく、偶然的な不確かさである。それはアメリカでも日本でも一致した見解である。

---

(6) 取放水設備内の津波による砂移動実験の再現計算

(資料-6)

- Q: D1 地点の濁度計は取水路の外に設置しているのか。
- A: そのとおり。D1 地点は取水路の入口の前である。

- C: もし解析手法の検証という意味で次の実験をするのであれば、今回の実験よりも砂の移動量を増やす必要がある。

---

(7) その他

- C: 今後の小委員会について、次回は 12/22、次々回は 3/6 を予定。

以 上