

土木学会 原子力土木委員会 平成25年度 第1回 津波評価部会 議事録

日 時 平成25年7月5日（金）13:30～17:30

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、大宮委員、佐竹委員、清水委員、諏訪委員、高橋委員、田中委員、谷委員、富田委員、中村氏（中嶋委員代理）、平田委員、藤間委員、松崎委員、山中委員、若松委員
木原オブザーバー、栗田オブザーバー、佐藤（広）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
松山幹事長、池野幹事、稻垣幹事、内野幹事、木場幹事、芝幹事、殿最幹事、藤井幹事、藤田幹事、山木幹事

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) 波源モデルの策定及び津波ハザード評価手法に関する検討

①地震規模および津波の発生様式、再来期間に関する検討（資料-2-1-1）

②津波水位のばらつきに関する検討（資料-2-1-2）

2) 日本海東縁部に関する検討（資料-2-2）

3) 不確かさの考慮に関する検討－南海トラフ沿い海域－（資料-2-3）

（3）敷地浸水時の津波挙動に関する検討（資料-3）

（4）その他

議 事

（1）前回議事録について

（資料-1）

主査：何かお気づきの点があれば幹事までお知らせ願いたい。

（2）東北地方太平洋沖地震を踏まえた検討

1) 波源モデルの策定及び津波ハザード評価手法に関する検討

①地震規模および津波の発生様式、再来期間に関する検討（資料-2-1-1）

Q：南西諸島の活動を確認しているのは、南海トラフと南西諸島での最大規模を見逃さないという意味で行っているのか。

A：南海トラフと南西諸島が連動している証拠はない。もし連動を考える場合には、仮に保守的な設定を行ってみると、という話になる。

Q：最近の流行でもあるので南海トラフと南西諸島との連動は考えざるをえないと思う。また、相模トラフとの連動はどう考えているか。

A：これまでの2002年、2009年の枠組の検討では、相模トラフとサイトとの位置関係も踏まえて検討対象としてこなかった。

Q：個人的にはインフレするように思うが、客観的には仮に南西諸島までを考慮して最大規模

を検討するのであれば、相模トラフも検討したのかと問われる。

A：幹事団の中でも考えがまとまっている。今後検討していく。

C：南海トラフと南西諸島は構造としてつながっている。それに対して相模トラフは別のものであり、首都圏にとって大きな問題であるが、原子力にはあまり関係がない。

Q：土木学会では、南海トラフと南西諸島の連動については評価するが、相模トラフは独立として考えるということか。

A：相模トラフ単独としての最大級は考えるが、他との連動について普通は考えることはない。

Q：南海トラフと南西諸島が連動すると、津波高としてどのくらい変わってくるのか。

A：感覚的には南西諸島まで破壊しても本州にはあまり影響がないと思う。

C：単独でも連動でもそれぞれの津波の規模はそんなに変わらないと思う。接続部分の九州あたりは変わらると思うが。

C：ただしスケーリング則の考え方でいくと、規制庁などでは南海トラフ～南西諸島で最大 Mw9.6 という数字を出しており、連動すると津波高はそれなりに大きくなる。

C：連動を考えるべきかどうかの議論には意味があると思うが、この場でどちらが妥当かの結論を出すことにはあまり意味がない。

C：外部から客観的にみたときに、このような議論がなかったのかと言われないことが大切。個人的には、南西諸島との連動には違和感があるし、相模トラフとの連動はおかしいと思っている。

C：この点については別途整理しなければいけない。

C：地震本部の長期評価について、南海トラフに関しては多様性があり次起きる地震がどのようなものか分からないと改訂されたが、他の海域に関しては改訂がなされていない。そのため現状では p27 のような整理になってしまるのは仕方ないが、海域によって考え方方が違うのもあまりすっきりしない。現在地震本部でも議論しているが、考え方としては固有地震や、南海トラフのような多様性を持つ地震、例えばイラン海ではスーパーサイクルのようなものがあると言われている。また、地震本部では、固有地震とそれより一回り小さいものの発生が否定できない地震を Gutenberg-Richter の式ですべて説明するという考え方も検討している。これらの考え方のうち一つに絞るのではなく、これらを両極端にしてロジックツリーで組み合わせるなど方法が必要ではないか。

Q：この検討は 25 年度で一通りまとめるのか。

A：議論いただいた結論を出すのは 26 年度となるが、提案という形では 25 年度にまとめる。

②津波水位のばらつきに関する検討

(資料-2-1-2)

Q：時間的 κ とは、パラメータを変えて影響をみているということか。つまりエルゴード仮定を使わなくともよいということか。

A：そうである。また相当細かくパラメータ変動のシミュレーションをやってしまえば、考え

なくてもよい不確かさも出てくるかもれしれない。

Q：地点 a とは本当の 1 点であり、何回も解析をするとその 1 点のばらつきが統計値として得られるという理解でよいか。

A：そうである。

Q：その 1 点としてどのような地点の津波を考えているか。構造物に作用する波か、それとも沖合の波か、ソリトン分裂、遡上する波、そういうものの等を考えると使うモデルも変わってくる。どういった津波を対象にばらつきを考えているか。

A：非常に平坦な場所や湾内、沖合のある点とではばらつきは変わってくる。現在の手法では、どこにでも同じ空間的な κ を適用しなければいけないのが実情である。地形ごとに κ の大小が見えるのであれば、それも一つの成果だと考えている。

Q：構造物に作用する場合はソリトン分裂や碎波が影響するような気がするが、それは別に考えることでよいか。

A：今回は、非線形長波によるモデル A の解析結果を真値としている。ソリトン分裂、碎波が影響するとなると真値は変わってくる。仮にそういうことがあったとしても、真値に対する誤差は解析の水深誤差に含まれているとして吸収することが可能だと考える。

Q：それは可能なのか。今の誤差を全て水深誤差と扱うとして、どのくらい変化させたら現状用いられている κ である 1.4 程度となるのか検討は行ったか。

A：可能だと思っているが、検討は今後行う。

C：数値シミュレーションでパラメータスタディを行えば、そもそもエルゴード仮定を使う必要がないのではないか。

C：水深データを程度ばらつかせるか。経験的にはかなり地形モデルの影響を受けるため、その設定方法で結果が概ね決まってしまう。

A：モデル B の設定で決まってしまう可能性もある。その点はモデル B だけでなく、モデル C、モデル D 等、幾つか同様の検討を行って影響を把握したいと思っている。

Q：経験では、同じ地形モデル、同じソースで A 社と B 社が計算すると、違う結果となることがよくある。アルゴリズムやコーディングの問題であると思う。それを水深データだけに帰着させてよいのか。この点についてはベンチマークが必要だと思う。土木学会としてベンチマークを提案しておき、どのコンサルもある程度再現できているという状況を整え、その上で検討してはどうか。

C：この提案はある 1 地点での津波の高さのばらつきが知りたいというのが目的であると認識。個人的には、決定論は我々の知見の最前線であり、分からぬところはランダムとしてしまおうという整理であると理解している。例えば、南海トラフの 100km 陸側で、または 500km 沖合でプレート間地震は起こらないということは分かっている、つまり決定論的である。それに対して、アスペリティの位置については、知見は集まりつつあるものの決定論的には分からぬ、つまり確率論的に扱わざるをえない。また、微地形によるばらつきについてもそこまで扱いきれないという理由から確率論的に扱わざるをえない。どこが決定論的なのか、確率論的なのかを分ける議論であるように思う。確率論的なところが多く

れば大きなばらつきを考慮する必要があるし、全てを決定論的に扱ってしまえばそれ以上のはらつきをみる必要はなく結果としては小さくなる。そのため、できるだけ決定論的に扱う方向にしたいが、そうできない部分についてはばらつきを検討するということになる。ただ、例えばアスペリティの位置のばらつきをどの程度の水深誤差に置き換えるかはキャリブレーションを行う必要があるため、アスペリティ位置を変えてそのまま計算した方が良いように思う。

- C : 不確定性には認識論的な不確定性と偶然論的な不確定性があり、そのうち偶然論的な不確定性をどのように推定するかという問題ではないか。
- C : 確率論的に K 、 κ を求められないから、決定論的に求めてはどうかということ。
- C : 分からない部分は多くのトライアルをしてみることも必要である。
- C : 決定論的に求めようとしているからこそ、水深誤差の幅をどう設定するかによって K 、 κ の大きさが決まってしまうため、そこにある程度説明できる根拠が必要となる。
- C : ファクターごとに分けて、地形であれば測定誤差は何mであるからその範囲内でパラスタをしてみる、というのは理解しやすい。全てを水深誤差に押し込めるのも可能かもしれないが、そのためには前段で各ファクターの変動の根拠が必要である。そもそも各ファクターの変動幅をそのまま統計的に処理してしまった方がよいのではないか。
- A : 本検討は、本来使うべき時間的な κ を求めたいというのが目的である。空間的な κ と時間的な κ の関係は、水深の変動幅を大きくすると空間的な κ と時間的な κ はどちらも大きくなる、アスペリティの位置の変動幅を大きくすると時間的な κ だけが大きくなる、という関係にある。アスペリティの位置をどんなに細かく刻んで設定しても離散化の誤差は残る。定量的に時間的な κ の数値をもとめるのは難しいと思うので、前提条件に応じて、空間的な κ と時間的な κ の関係性がどうなっているかを分析したい。
- C : アスペリティ位置の範囲は震源領域から外れることはできないので決めることができるが、水深は限定できないため、空間的な κ はいくらでも大きくなり得る。
- Q : アスペリティの位置を変えるのは κ の本来の意味合いからは違う。 κ の意味合いからすると、アスペリティを動かした段階で想定地震とは違う地震が起こったと考えなければならない。また、時間的な κ はアスペリティ位置を動かす量で決定されるが、その量が客観的に保証できるような妥当性を示すことは難しいと感じる。この議論そのものが破たんしてしまわないか。
- A : モデル B でカバーしている真実はなんなのか、という議論であると思う。
- C : 空間的なばらつきが埋まらないのは色々な現象を全て解析モデルに取り込みきれていないから、再現モデルが不十分だからである。それを何らかの原因に持っていくことに無理がある。原因が分かっているなら、それを取り込んで再現性を向上させればよい。それができないから、空間的な κ 、時間的な κ という議論が出てきている。
- Q : 時間的なばらつきは予測としてのばらつきであり、予測しきれない影響がどのくらいあるのかという意味か。
- A : ここでいう時間とはイベントという意味。ensemble mean を求めたいということだ。ただ、アスペリティがどこにあるかは我々の知識の外なので、結局位置を総当たりして何万回も

シミュレーションして統計的に κ を出すことになってしまうのではないか。

C : 何を同じ地震とするかということが問題である。

C : 時間的な κ については、同じ地震が何回も起こるという仮定をしており、いまのばらつきはこの仮定に基づいている。

Q : それではばらつきはゼロとなるのではないか。

A : それでも今説明できていない誤差が空間的なばらつきとしてあるので、時間的にも同じものを適用してきている。

Q : 不確かさの中には、我々がモデル化しきれてないものと自然現象としてのものの両方がある。今の意見は波源の不確かさには現象の不確かさはないという立場なのか。

A : ここで議論している問題と、実際に適用するときの話は別である。この時間的な κ は極端に理想化したものでばらつきをもとめようとしている。

Q : 最終的に出てきたばらつきをどのように使うのか。

A : ロジックツリー上的一つパスの計算結果に対し幅を持たせ、確率論として処理するために使用する。

C : そうすると計算に対して考慮していない、決めきれていない部分の影響がどのくらいあるのかという議論でよいか。

C : その点が、共通認識をとれていらない部分であると思っている。

C : どこまでが決めきれるもので、どこからが決めきれないものかを初めから議論していく必要はない。アスペリティ位置が決めきれないところだと考えているので、そこから外れた議論に意味はなく、この線引きしておく必要があると思う。空間的な κ に波源の不確かさが入っていないというコンセプトは理解できるが、実際にはアスペリティ位置が決まらないので、設計に適用するという話にはならない。

C : アスペリティ位置が決まらないとは言っても、そんなに極端な変動幅を設定はしない。ある程度の範囲内で条件を設定できると思う。

C : 内閣府検討会ではアスペリティ位置の範囲の幅を大きく設定している。

C : だからといってアスペリティを深部に設定するということは内閣府検討会でも行っていない。

Q : 空間的な κ の算出において波源はベストモデルという仮定をおいて計算しているが、それがベストであるという保証はない。時間的な κ にはアスペリティの位置がずれている影響も考慮されているが、2つの求め方は、根本的な部分で分離しきれていないのではないか。

A : 今回の提案では、アスペリティを大きく動かしたケースは別のモデルでカバーされると考えている。あるモデルがカバーしている範囲は、別の予測モデルをどこまで細かく考えるかによる。ただ、不確かさをアスペリティ位置と水深に全て押し込むことについては、ご意見を踏まえて説明性に関してもう少し検討したい。

Q : 確認だが、我々が決定論的に使っているシミュレーションツールの再現性の指標としての K 、 κ に対して、今議論しているのは計算値をばらつかせるために使用する確率論的な κ と

いう理解でよいか。

A：そうの通りである。

C：空間的な K 、 κ とイベント間の K 、 κ は別物であるというのは皆の共通認識である。そしてこの場では、イベント間のばらつきを議論するものだと考える。アスペリティの位置をおおよそ決めた上で、それ以外のファクターのばらつきを議論したいという意見も分かるが、他方、アスペリティの位置も分からぬのだから、そのばらつきも議論する必要があるという意見も出た。そこで、どこまでが決定論に扱えて、どこからが不確定であり確率論的に扱うかを整理してほしいとの意見もあった。また、 κ をどのように使用するのかということを共有すれば議論が進むのではないかとの意見があった。これらの意見をまとめ、今後の方針を検討して欲しい。

C：今の議論について、同じイベントの繰り返しについての議論であり、違うイベントの繰り返しについての議論ではないことを補足しておく。

C：我々の知識レベルがもっと上がれば、例えば、次に起こる南海地震を決定論的に決められる可能性もある。ただ、現状はそうではないので、過去の南海地震は同じもの、確率事象としてのイベントの1回だとみなして議論していく方向としている。

C：今後の方針のアイデアあればご意見いただきたい。

C：今日説明しきれなかつたことを分るように整理していただくことでもよい。

2) 不確かさの考慮に関する検討

(資料-2-2)

Q：検潮記録に関して、フィルターの効果の検討はやっているか。

A：今は生の値で比較している。

Q：デカルト座標を使用しているようだが、地点のずれはどの程度か。

A：調べて次回回答する。

Q：インバージョンの水位の分布の重みづけはすべて同じにしているのか。新潟地震では半分くらいの記録が佐渡のものなので、すべて同じとすると佐渡の重みが大きくなってしまう。

A：重みはすべて等しくしているため、再検討したい。

Q：矩形モデルにしているのは意味があるのか。従来の研究も参照して設定しても良いと思うが。

A：最終的なゴールとして、例えば、矩形モデルの $1/4$ の面積の範囲に平均すべり量の2倍のすべり量を与える、というような使い方をすることを想定して矩形モデルを用いている。特性を整理するにあたっては矩形でなければならない理由はない。

Q：港の中の検潮データでは構造物の影響が入ってしまうが。

A：構造物の効果は 50m のメッシュの中で考慮している。

Q : 50m ではグリーン関数を出すときに少し粗いのではないか。水理フィルターは効果があるだろうか。

C : この周期ならほとんど影響はない。

Q : 経験的には走向の影響が大きい。小断層ごとに走向を変えてはどうか。

A : インバージョンをする際に矩形にする必要はない。また、走向についても検討したい。

C : ただ既往津波は走向を合わせればよいが、将来の津波を検討しようと思うと扱いが難しくなる。

Q : 検潮記録が途中で途切れているのは何故か。

A : インバージョンに用いた時間帯のみ表示しているが、その後のデータもある。表示するようにする。

Q : 積丹沖の岩内はまさに走向の方向にあるが、なぜ計算値の方が低くなるのか。

A : 現在、遡上計算をしたときの水位は、観測点を中心に 500m 範囲の最大水位となる点を拾ってきている。それでも岩内は解析結果が小さくなっているので、原因について分析する。

Q : 1983 年日本海中部地震の検潮記録のうち、石狩と富山のものだけをインバージョンに使ったのは何故か。

A : できるだけ多くのデータを使用したという観点から検潮記録も使用しているが、全ての検潮記録を使用すると K 、 κ が基準から大きくずれるため、検潮記録を 1 つずつとり入れて検討しており、今回はその途中経過を報告している。検潮記録は痕跡と比べて水位が低めとなっており、とり入れると K が大きくなってしまう。

Q : フィルターや検潮所の場所などに何か問題があるのではないか。

A : 検潮記録について、水位まで合わせ込んでいくのか、時間だけを合わせるのか、使い方を検討する必要がある。

C : このような問題はインバージョン時の共通の課題ではないか。

C : 検潮記録の波形は時間的な情報を持っている一方で、後続波ほど再現性が悪くなるので、第 1 波のみを使っている。

C : 解析値は 50m メッシュの中の平均値である一方、痕跡値は最大値であり、それを比べていののかはいつも疑問を感じている。

Q : 今後の課題は何か。

A : まずは K 、 κ の向上を目指す。その後、不均質モデルとしての傾向の整理を行う。

Q : p23、24 にスケーリングの図があるが、スケーリング則に関する目標は何か。日本海だけのスケーリング則をつくるのか。

A : この検討は不均質モデルの傾向の整理に特化したいと考えており、スケーリング則については概ねそのスケーリング則に適合していることを確認しただけである。地震規模のスケ

ーリングについては、別に議論させていただきたい。

3) 不確かさの考慮に関する検討－南海トラフ沿い海域－

(資料-2-3)

Q : 津波エネルギー算定式の流速は水平方向の流速でよいか。瞬時破壊の場合、流速はゼロという理解でよいか。

A : そうである。

Q : ライズタイムを変えてもトータルの津波エネルギーは同じではないのか。物理的な解釈はどうなるのか。

Q : いつの時点で比較して、エネルギーが同じと考えているのか。

A : 地盤変動が終了した時間である。

C : 無限大の時間をかけて地盤変動を与えれば、水にエネルギーは与えられない。

C : 地震エネルギーはゆっくり与えても瞬時に与えても同じではないのか。

C : 梶浦理論によるとライズタイムが長くなれば津波のエネルギーは下がる。

C : ゆっくり地盤が持ち上がりければ、地盤は水に対して仕事をしない。

C : 梶浦理論では、 h は水面の偏差であり、水深 100m と 1000m でも位置エネルギーは同じになる。しかし、実際には海底から水面までの水が持ち上げられるので、水深によって位置エネルギーは違うと思う。

C : 水に与えられるエネルギーはそうであるが、津波エネルギーとしては初期からの変化しかない。

C : 運動エネルギーは底面からの積分なので、水深 1000m の方が大きくなる。それでも同じ扱いになるのが不思議である。

C : 流速が小さくなるのではないか。

C : 非線形長波では流速は大きくなる。

C : 深いほうがエネルギーは大きい。それがあるからグリーンの法則が導出される。

Q : p14 の水位時系列について、1 分ごろに水位変動があるのは何故か。

A : 破壊伝播の際の地殻変動の影響である。

Q : なぜゼロに戻っているか。

A : 破壊伝播の影響であると思う。隣同士の小断層で打ち消しあって 0 になるが、ライズタイムがゼロであるので瞬間に水位が発生する。

Q : 隣同士の小断層で破壊時間差はあるのか。

A : 考慮している。

Q : 破壊伝播速度や破壊開始点によって津波水位が変動する場所については、大局的には差がないが、局所的には差が出てくるという理解でよいか。

A : そうである。

(3) 敷地浸水時の津波挙動に関する検討

(資料-3)

Q : この議論に関しては、ほとんど起こらない津波で設計を行いたいが、それを超えた場合の議論として衝突力の議論が出てくる、という認識でよいか。

A : それでよい。

Q : これらの式は PRA 評価で用いられることになると思われる。この式を使ったときの超過確率を把握しておく必要があるのではないか。正面から衝突するケースやそうでないケースもある。水谷先生のコンテナの実験のばらつきはそれが要因だと考えている。

A : ばらつきとして、衝突するかどうかの確率、衝突したときの荷重のばらつき、算定式のばらつきもある。

Q : とにかく大きな衝突力を考えそれで設計するというのではなく、これがどのくらいの確率なのかが求められるのではないか。

C : 整理は今の整理でよいか。これだけは最大値として押さえたいという整理を考えていた。

A : 津波が防潮堤を超えることがある確率で発生する。この場合にも水密扉などの健全性を説明するために、衝突力がある程度把握しておくことが必要だと考えている。ただ、防潮堤に漂流物が衝突することを考える場合には、確率の部分の重みが大きくなってくる可能性がある。

Q : 波が防潮堤を超えることはまれな事象としてあり得るが、その中でも津波による衝突力はこの程度であるという最大値を把握しておくことで良いか。

A : 私はその整理で良いと思う。津波が防潮堤を越え敷地が浸水するかどうかまでは確率論的に扱う必要があるが、浸水した後は決定論的に保守的な検討をし、それでも安全であるという評価ができるのではないか。

Q : 敷地内での引き波は考えなくてもよいのか。

A : 衝突は引き波もあるので考えていく予定である。構造物に対しては、引き波時に例えば防潮堤が健全かということも考える必要がある。

C : 建物が浮き上がることなども考慮した方がよい。

C : 結果としてどう使用していくかを最後に意思決定することもあると思うが、今はこれだけ算定式間にばらつきがあるということを共有したい。

Q : 今後の方針をどのように考えているか。

A : 衝突力については、実験との比較により信頼性の高いものを選定して、今年度最後の部会には議論したい。波力については、2次元と3次元の解析結果を比較し、次回の部会で議論したい。

Q : 今後、新たに水理実験をすることを考えているか。

A : 考えていない。

(4) その他

1) 津波評価部会の改革について

別紙

Q : 改革にあたり実際に考えているのは、今後も現状と同様のメンバーで議論したい、ということでよいか。

A : そうである。

C : 首藤前主査が、部会で議論した技術的な内容を電力関係者に直接深く知ってほしいと考えていたこともあり、現状の体制で議論してきた。

C : 本日出席されていない委員にはメールで説明する。

Q : 今月 19 日までにご意見をいただきたい。なお、電力関係者以外の委員についてはこれまで通り委員をお願いしたいということでよいか。

A : その通りである。

2) 次回以降の部会について

幹事長 : 次回については、秋口に開催を考えているため、ご連絡させていただく。また、今年度はあと 3 回、部会の開催を考えている。

以上