

土木学会 原子力土木委員会 平成 27 年度第 4 回 津波評価小委員会 議事録 (案)

日 時 平成 28 年 1 月 20 日 (水) 13 : 30 ~ 17 : 00

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、今村委員、後藤委員、諏訪委員、谷委員、富田委員、平田 (一) 委員、平田 (賢) 委員、山中委員
岡田氏 (入谷常時参加者代理)、奥寺常時参加者、清水常時参加者、
宮本氏 (中嶋常時参加者代理)、松崎常時参加者、森野常時参加者、
若松常時参加者
松山幹事長、池野幹事、内野幹事、木場幹事、佐藤幹事、殿最幹事、藤井幹事、
藤田幹事、山木幹事
飯塚オブザーバー、甲斐田オブザーバー、木村オブザーバー、栗田オブザーバー、
志方オブザーバー、鈴木オブザーバー、土屋オブザーバー、藤田オブザーバー、
文屋オブザーバー、保坂オブザーバー

次 第

- (1) 前回議事録の確認 (資料-1)
- (2) 「原子力発電所の津波評価技術」改訂版意見公募結果および対応方針 (資料-2)
- (3) 小委員会 (第VI期) の検討項目について (資料-3)
- (4) 水塊落下時に水平床に作用する波力評価手法に関する検討 (資料-4)
- (5) 既存の砂移動評価手法の再現性検証～仙台港の海底地形変化再現計算～ (資料-5)

議 事

(1) 前回議事録について (資料-1)

特記事項なし。

(2) 「原子力発電所の津波評価技術」改訂版意見公募結果および対応方針 (資料-2)

Q : 改訂版での確率論評価結果と国交省で使っている数十年～百年の津波の水準は一致するという理解でよいのか。

A : 我々の持つ知見が蓄積されていけば理想的には一致するが現実的にはありえないこと。ただし、実際にはそんな十分なデータは出てこない。我々が知ることができる期間は非常に限られたものでしかない。結果的に、決定論的評価で見逃しがある可能性は否定できないと考える。これをカバーするためにも確率論的評価を行っていく必要がある。

C : 国が一般防災として取り組んでいることと改訂版の確率論的評価の考え方の差を記載しておいた方が誤解はなくなるので良い。

C : 一般防災での考え方との違いを踏まえた修文をする方向で検討すること。

Q：改訂版例示計算における確率論的評価結果の適用範囲は示せないか。例えば、ハザード曲線のどこまでを使えばいいのか、など。具体的には一般防災で言うところのL1クラスの水準感。

A：原子力発電所の安全を考える場合にはL2クラスのような最大規模の津波が対象になるため、この範囲で決定論的評価での見逃しがないように確率論的評価に取り組んでいるということ。この点が一般防災とは大きく異なる点だと認識している。

C：とは言え、現状の記載からは、改訂版が原子力発電所だけでなく一般防災における外力設定にも適用できると読めてしまう。

A：そもそも原子力発電所と一般防災とでは、設備対策によって防護する津波による外力の水準が異なっていて、原子力発電所ではL2クラス、一般防災ではL1クラス。この観点でも誤解されないような記載としたい。

C：確率論的評価結果によって、何年に一回の津波、ということでは線を引くようなことは考えていない。むしろ、着目する水位に応じて考慮すべき地震は何なのか、という観点である。着目した津波水位の要因となるような地震を判別するためのツールとしている。

C：必ずしも発行する側が考えている通りの受け止め方をしてもらえないわけではないことが往々にしてあるため心配している。

Q：この確率論的評価結果の検証を数百年程度の既往津波との対比などでできないか。

A：前回小委で示した例示計算結果のように、ある場所を仮定して、その場所での既往津波の津波高と確率論的評価の結果を比較することはできる。ただ、既往津波は一つの事例でしかなく、その比較結果をもって検証できたということではできないと考える。

A：例えば、例示計算において日本海溝では400年に1回の最大クラスの津波が発生するとして確率論的評価を行っている。確率論的評価で用いるロジックツリーには幅があり、既往津波の津波高はその幅の中に収まっているはずであり、長期間に亘る津波発生履歴があれば検証は可能になる。

C：その発生履歴のデータがないから、現在の確率論的評価手法は手法として道半ばと理解している。

Q：例えば、内閣府が南海トラフ巨大地震による津波として御前崎での水位を公表しているが、改訂版で示した確率論的評価の評価結果によるとこの御前崎での水位の再現確率の水準感を示して良いものなのか。例えば御前崎と浜松とで比較して、決定論的評価での水位は同程度なのに確率論的評価による再現確率が異なることも考えられるが、これを「地域特性などで異なっていることは通常よくあること」としてよいのか。

A：もちろん地域特性の影響もあるが、再現確率は計算結果として示されるものなので実際に何が影響しているかは分からない。

- C：先ほど、原子力防災と一般防災は異なる、という議論があったが、確率論的評価の手法として両者で大きく異なることはないと思っている。一般防災では数十年から百数十年、原子力発電所では数千年から一万年以上であるため、スコープが違うだけ、という理解。
- C：一般防災と原子力発電所では決定論的評価手法は同じである。確率論的評価については、一般防災で考慮すべき水準についての議論が重要である。原子力防災では低頻度の世界でも見逃しがないようにしたうえで、その津波に対しても浸水を防止するという考え方だが、一般防災ではその水準まで求められないのではないか。
- Q：その点については理解している。ただし、決定論的評価でも確率論的評価でもハザード想定手法として原子力発電所が特別であるということではない。確率論的評価で見たときに、一般防災は百年に一回を見ているのに対し原子力は一万年に一回。このように対象期間が異なるだけでやり方は同じではないか。
- A：もちろん改訂版に取りまとめる予定の確率論的評価手法を一般防災でも使うことは可能である。ただし、使わなければならない、ということではなく、この点に誤解が生じやすいと感じる。改訂版のコンセプトは要素技術の紹介であって、評価手法として何を選択するかは自治体等の評価主体が考えること。本小委員会として注意しなければならないことは、改訂版で示した要素技術が一般防災でも使うべきもの、という誤解を受けないようにすることである。
- C：ということであれば「標準的」という言葉の使い方の問題になるか。改訂版では「原子力として標準的」ということを示すべきだが、現状、「標準的」という言葉がより強い意味をもっているように感じる。
- C：改訂版の位置付けとしては、もし確率論的評価を行うとすれば「改訂版で示した手法が標準的である」ということであって、「改訂版のメニューをすべて適用することが標準」ということではない。
- C：現状の記載でも日本語としては「原子力発電所において」という限定条件が付いているので、そこまでの強い意味はないと思うが。
- C：ただ、原子力発電所の近傍の住民にとってみれば、一般防災だろうが原子力発電所だろうが同じことではないか。
- C：対象に依らず、決定論的評価や確率論的評価の手法に基づいて、その時々、立場、許容できるコストも考慮して意思決定が行われるものだと考えている。ただし、それを一般論として改訂版で記載する必要があるのかは考えなければならないが。
- C：海岸工学委員会の「減災アセスメント小委委員会」では確率論的評価を取り入れる方向である。ただし、そこでは設計水位を決めるためではなくリスク評価の感度分析のために用いる手法の選択肢の一つ、という位置づけである。
- C：「標準的な手法を示す」という表現は行政等の関係者の方が敏感になるのは仕方ないこと。「標準的な手法を検討する、目指す」といった表現が妥当なのではないか。

Q：付属編について、具体的な詳細検討内容等の付加説明資料も含まれるものなのか確認したい。また、9月末の講習会については2002年版との比較や改訂版の位置付けについての説明も必要だと考える。さらに、講習会は改訂版発行に合わせた一回だけなのか、定期開催や関連学協会の行事に合わせた開催等、複数回の開催を考えているのか。

A：付属編は2002年版と同じく数値計算の具体的な手法や最新知見、例示計算等、実務的に役立つ内容としていく予定である。講習会については、そこが一区切りと考えていてそれ以降の展開は未定である。ちなみに、昨年9月にも津波評価技術の改訂については全国大会で議論しているし、今回の意見公募でも広く一般に訴求している。現時点では明確に申し上げることはできないが、今後検討させていただく。

C：講習会は1回では足りないかもしれないので、検討をお願いしたい。

C：昨年11月の海岸工学講演会で、確率論的ハザード評価の結果と防潮堤の設計高さと比較する発表があった。論文としては悪い内容では無かったが、評価手法を適用する考え方として悪い事例となってしまった。同じ轍を踏まないよう、付属編例示計算の記載には十分留意していただきたい。評価手法自体が正しくとも計算条件等の前提によって全く違った結果となってしまう、社会を惑わすことにもなりかねない。

C：今のコメントは大変重要な観点で、これまでは評価手法は広く公開されていてもその適用方法が妥当かどうか検証する方法が不足していた。この問題を解決するために小委員会を発足させ、ベンチマーク問題の解決に取り組んでいる。

C：2002年版には、まだ付属編に記載するほど確立されていないような知見はレビュー編としていたので、今回の改訂版でも検討していただきたい。

Q：公募意見④に関して、改訂版の確率論的評価手法は唯一なものではないという理解で良いのか。

A：確率論評価手法としては複数あると考えている。ただし、社会受容性の観点からは、改訂版で示した手法は少なくとも誤ったものではない、という理解をされていると思う。一方、公募意見④で示されていた手法はまだまだ課題が多いという認識である。

Q：本小委員会で扱っているのはハザード曲線を算定するための確率論的評価手法であるが、公募意見④で示された論文の手法はハザード曲線を求めるためのものという理解で良いか。

A：当該論文の手法はハザード曲線を直接算定するための手法ではなく、ばらつきを考慮する方法の一つであると考えている。

C：ロジックツリーは今後新たな知見によって変化するものだと考えているが、施設設計側

からの観点としては、ロジックツリーがその都度変化するようだと適用し難い。

C：現在、確率論的評価のハザード曲線をそのままデザインに適用することは難しい。原子力の津波評価では決定論的評価で出た水位の発生頻度を参照するのみである。

Q：機器側でもまだ各理論的評価を施設設計に適用していないのか。

C：津波の確率論的評価に基づいた PRA を実施し、弱点を特定して対策する、というプロセスである。通常的设计体系に確率論的評価の結果を使っているわけではない。

(3) 小委員会 (第VI期) の検討項目について (資料-3)

C：砂移動実験に関して、粒径 0.8mm の砂も用いるということならば巻き上がると思うが、今回の実験は巻き上がらないとあまり意味がない。

C：過去の実験では浮遊砂濃度を計測できる程度には巻き上がったと記憶している。

Q：砂移動実験について、移動床が薄いようなイメージがある。どの程度の設定とするのか。また、カルデラ陥没実験については、実現象との比較として模型縮尺などはどのようなイメージで設定しているのか。

A：カルデラ陥没実験はまだイメージの段階であり、実際に造波してから調整することになる。砂移動実験については予備実験を行うので、初期水位なども含め、過去の実験を参考に設定していく。

Q：カルデラ陥没のイメージとしては、サンドリーニやクラカタウ島等、元々島があった状態から爆発で島がなくなるというもの。これに合わせるには一部空气中に露出するような円筒系のものを設置しておいて引き抜く、といった実験の方が実現象のイメージに合うのではないか。

A：詳細は今後検討させていただくが、引き抜くとしても、上側には初期水面の揺動等の影響があるため、下に引き抜くことを考えている。

C：クラカタウは指摘にあった通りであるが、日本近海でのイメージとしては、すでに海底に存在するカルデラが形成されたときような現象が再発した場合をイメージしている。今後、予備実験等で検討していく。

Q：決定論的評価手法に関して、各海域の例示計算は具体的な実施内容は。

A：例えば琉球海溝等についてはまだ小委員会で提示していないので、それをイメージして記載している。確率論的評価手法も同様である。また、反映すべき新たな知見があれば日本海溝等も必要に応じて随時取り組んでいく。

C：決定論的評価手法は各自治体が評価を実施しているため、注意を払うべきである。

C：「原子力発電所の津波評価技術」としては 2002 年版でも各海域の例示計算を付属編に掲載していたが、この結果に対して「土木学会がそれさえやっていたら問題ないとしているもの」との誤解が生じてしまった。例示計算はあくまでも「本編で示した枠組みの

適用例」として示すものであり「考えられる最大クラス」を示すものでもない。改訂版ではこの点を踏まえ、誤解が生じないように留意していく。

(4) 水塊落下時に水平床に作用する波力評価手法に関する検討 (資料-4)

Q：参考資料中の写真からは、側壁の影響もあってか側面付近よりも内側の方が勢いよく越流しているように見受けられる。床面の圧力計測位置は代表性が担保できる位置か。

A：構造物前面の波圧計測位置も同じである。理由としては、横断方向には差がない、という前提のもとで画像処理の関係から水路横に設置してある窓の近くで計測した、ということかと思う。

Q：構造物を越流するような場合に、越流水深が小さくなると一か所に集中して落下するため水理現象の特徴が変わってくるのではないか。全水頭と越流水深の比は今回の実験と近森ら（1972）でどの程度異なるのか。

A：ワンオーダー異なっている。

C：それだけ差があるならば、水理現象の特徴が異なる可能性もある。近森ら（1972）のグラフへの今回の実験結果をプロットするとともに、越流水深の大小に着目した分析を実施しても良いと思う。

Q：落下水脈が床面に衝突した後に射流で広がる場合でも水クッション効果があるという理解で良いか。

A：その通り。安芸（1969）などで水クッション効果に関する知見が示されている。

Q：大村ら（2014）で計算する際に最大浸水深を用いている。実験では浸水深と圧力の最大値発生時刻が異なるが、この影響はあるか。また、大村ら（2014）における case2 と case5 との間に最大浸水深で 50 cm もの差があるのにも関わらず、圧力算定値にそれほど差がないのは何故か。

A：今回は設計で用いることを念頭に、設計対象設備を用いた実験を行わずに津波解析の結果を用いた計算のみで圧力を設定する、という観点で整理をしたもの。また、圧力値にそれほど差がないことについては、水クッション効果の有無が影響していると考えられる。

Q：今回の実験ではナップの裏側に給気できていなかったが、実設計ではどのケースを参考にすれば良いのか。

A：水たたきの設置範囲については越波距離が対象になるが、これは保守的に越波距離が最大のケースを対象にすれば良い。

Q：実験では越波距離と圧力が比例しているようだが、圧力についてはどうか。

A：まだ越波距離と圧力との関係は分析できていない。

Q：水脈衝突直後の衝撃圧よりも定常状態の方が圧力は大きいのか。

A：定常状態で水塊として作用するほうが圧力は大きく、衝突直後はスプラッシュになってしまうため圧力は小さいと考えている。

Q：今回の実験結果のうちケース4（資料 P5）では、衝突直後に大きな圧力が計測されているが、これはどのように解釈すればよいのか。

A：そのケースでは、水脈落下時に水深がなく水クッション効果が無い。また、越流初期でもある程度水塊として越流していたのではないかと考えられる。

（5）既存の砂移動評価手法の再現性検証～仙台港の海底地形変化再現計算～（資料-2）

C：仙台港を再現対象として選んでいるが、港には防波堤・突堤が設置され、陸側の利用状況もコンクリートとなっていて自然海岸とは異なる特異な地形である。このため、海域だけではなくて陸上でどのように砂が堆積している、というのも重要な知見となる。また、地形変化量のデータがもう少し沖合まであれば、より実現現象の議論が進むと思うので探してみてもどうか。

C：砂移動現象には粒径の影響がかなり大きいと改めて感じている。おそらく津波によって他の地点から運ばれてきているのだと思われる。このような時系列・場所ごとの粒径の差を考えると、平均値を用いることが正しいのか疑問がある。

A：今後、粒径データについてさらに精査したうえで計算条件を設定する。

Q：粒径平均値が 0.038mm であるため、高橋ら（2011）における粒径条件の範囲外になっている。粒径によって浮遊砂量式などの係数が変化するモデルだが、今回の計算ではどのように設定しているのか。

A：高橋ら（2011）に基づき外挿して設定しているため、詳細については今後示す。

C：粒径データを見ると時間的・空間的な粒径の変化に特徴があることが分かる。高橋ら（2011）が単一粒径を与えるモデルだとすると、これだけ変化があるならば全期間・全箇所の平均値を与えること適切なのかは疑問である。例えば、震災直後の値だけを与えてみるのも一つの方法かと思う。この粒径データからは様々な設定方法が考えられる。

C：津波によって表層に堆積していた砂が移動し、震災後に下にあった砂が露出しているのだとすると、ボーリングデータも参考になるのではないか。

Q：津波によって仙台港湾内で生じた変化を観測結果から把握できないか。押し波ピークの時間帯の直後の引き波の流況を見れば港湾内で発生した現象の分析が進むのではないか。

Q：津波と地形変化の関係で、港湾内西側で浸食されているが、定性的にはこの範囲の浸食量は小さくなると推定できるが、それと合致しない。仙台港は元地形が不明なため、津

波による流況変化と地形変化の関係の解釈が難しい。仙台港以外にも震災前後の海底地形が把握されている場所はあると思うが、どうか。

A：本検討は既往検討をベースにしており、検討当時は震災直後ということもあって東北地整から提供いただいたのが仙台港のみであった。現在はデータの整理も進んでいると考えられるため、再度、東北地整に問い合わせを行うなど、データ収集を進める。

以 上