

土木学会 原子力土木委員会 津波評価小委員会
第6回 津波漂流物衝突評価WG 議事録

1. 日時：2024年10月17日（木） 13:00～15:30
 2. 場所：公益社団法人土木学会 土木会館 講堂 及び Web会議（Zoom）
 3. 出席者：
 - <主査> 富田孝史（名古屋大学）
 - <幹事長> 木原直人（電力中央研究所）
 - <委員> 金原勲（東京大学）、嶋原良典（防衛大学校）※、島村和夫（IHI）※、別府万寿博（防衛大学校）※、山田安平（海上・港湾・航空技術研究所）、和仁雅明（中部電力）※
 - <常時参加者>大村英昭（東北電力）※、神田典昭（電源開発）※、佐藤栄二郎（九州電力）※、鈴木俊輔（四国電力）※、高松賢一（中国電力）※、田中直仁（日本原電）、藤井直樹（東電設計）※、松田周吾（関西電力）、吉澤一典（北陸電力）※
 - <幹事> 高橋淳夫（東電設計）、大塚鎮（東電設計）、岩本哲也（東電設計）、井上真優（東電設計）※、大谷章仁（IHI）、豊田真（IHI）、中村茉莉香（IHI）、甲斐田秀樹（電力中央研究所）、南波宏介（電力中央研究所）※、新木毅（中部電力）※、村上考輝（関西電力）、栗山透（関西電力）、工藤佳祐（関西電力）（記）
 - <オブザーバー>市川卓也（東電設計）※、堀口朋裕（東電設計）※
- ※：web出席

4. 配付資料：

- ① 資料6-1 津波漂流物衝突評価WG_第6回_議事次第
- ② 資料6-2 津波漂流物衝突評価WG_参加者一覧
- ③ 資料6-3 第5回津波漂流物衝突評価WG 議事録
- ④ 資料6-4-1 小型船舶の衝突力に関する研究 その1 船首以外の衝突に関する解析的検討
19GT 船の残アクション・コメント対応
- ⑤ 資料6-4-2 小型船舶の衝突力に関する研究 その2 船舶モデルの簡素化に関する解析的検討
- ⑥ 資料6-5 船側方向からの衝突に対する施設応答解析 1質点系モデルによる検討結果
- ⑦ 資料6-6 小型船舶の付加質量に関する解析的検討

5. 結果：

富田主査より冒頭挨拶が行われ、続いて木原幹事長より配付資料の確認が行われた。その後、議事次第に沿って、以下の議論が行われた。

(1) 小型船舶の衝突力に関する研究 その1 船首以外の衝突に関する解析的検討

中村幹事より資料6-4-1に基づき、船首以外の衝突に関する解析的検討のうち19GT船の残アクション・コメント対応について説明が行われ、以下の議論が行われた。

C 付加慣性モーメントの誤りを発見できてよかった。一方で、解析結果からは誤りに気づけない状態であったということで

あり、誤りを見つげられるような仕組みが望まれる。

- Q ひずみ速度の文献について、非常に古いものを参考にされているため、新しいものに更新されてもよいのではないか。
- A 漁船で一般的な不飽和ポリエステル(GFRP)に限定すると古い文献だけとなる。他のGFRPに広げると、新しい文献もある。
- C 歴史的には材料そのものはあまり変わらない。新しい材料の場合新しい文献が必要であるが、材料が変わらない場合は古い文献を引用してもよいと思う。
- C P4にて慣性モーメントが訂正されたのは良かったと考える。慣性モーメントのうち I_{xx} の差異が大きい。船首衝突、船尾衝突では、(船軸回りには回転しないので) I_{xx} はほとんど影響せず(船体のYaw運動、Pitch運動に影響する) I_{yy} 、 I_{zz} が効かずであり、 I_{yy} と I_{zz} の値を正確に入力するのが重要である。修正前後で、 I_{xx} の値は倍半分異なるが、 I_{yy} と I_{zz} の誤差は小さいため、ほとんど差は出ないのではと予想したが、に最大荷重が-16%とそれなりに影響が出ているのが気になる。
- A 船尾の場合は座屈モードに荷重が依存するため変わったものとする。
- C 浮力と付加水慣性モーメントと浮力を考慮した結果最大荷重が下がったということだが、合理的な計算を行うことが重要であり、荷重が下がれば、その結果を使うのが妥当だと考える。考慮することによって常に荷重が下がるとは限らないのであり、荷重が下がったからといって影響を考慮しなくて良いということにはならない。
- A 解析誤りについて、これからどうチェックをしていくかは課題とする。ひずみ速度に関する結果は、2GT船での妥当性確認に基づき19GT船に反映するというロジックであり、今の2GT船でのシミュレーション結果がおおむね実験のひずみ速度や破壊モードが大きく異なるという結果からも、ひずみ速度の影響に関してこれ以上の文献調査は不要として、ひずみ速度依存性は考慮しないというのはいかがか。新たな知見を得るためには、材料試験を行うといったことをしない限り難しいものと思われる。
- C (歪速度について比較的最近の文献データが得られないが)示唆されるとおり、最新の材料で歪速度を得る材料試験を実施するのは費用はかかるが、効率的で確実な方法の1つであるとする。
- C 慣性モーメントの変化に対し最大荷重がセンシティブであることが分かったのは有益である。
- A 感度があり最大荷重のばらつきが生じやすい検討となっている。一方で、最大荷重は非常に短周期で生じている。施設応答において短周期である最大荷重の多少の増減は影響するのか。この後の説明も踏まえて議論したい。

(2) 小型船舶の衝突力に関する研究 その2 船舶モデルの簡素化に関する解析的検討

中村幹事より資料 6-4-2 に基づき船舶モデルの簡素化に関する解析的検討について説明が行われ、以下の議論が行われた。

- Q 材料異方性で荷重が変わっているが、破壊基準はどのようになっているか。等方性材料の場合はどうなっているか。
- A 異方性では、破断ひずみに到達するかどうか各方向のひずみをもとに判定されている。等方性材料の場合は全方向での判定(ミーゼス相当ひずみでの判定)になっている。
- Q P12では変形モードが変わっているが、マシンの違いだけか。バージョンの違いやコア数の違いはどうなっているか。
- A LS-DYNAのバージョンは同じであるが、OSの違い(両方Linuxだが、CentOSとRed Hatの違い)によりモジュールが異なっている。
- C 陽解法ではバージョンの違いやコア数、モジュールの違いで解析結果が異なることがあるので、解析環境をそろえて検討した方がよい。
- A 今回の結果は新しいマシン環境で、OS・バージョン・コア数の全てを完全に統一している。
- Q P14の継手厚さについては(かなり複雑なモデル化となっているため)簡素化した方がよいと思う反面、最大荷重へ

の影響が 1.5 倍程度とモデル化の差異が結果に与える影響がかなり大きい。継手部分は破壊するのか。

A 継手部は破壊していると考えられる。

C (現状の継手モデルはやや複雑であるので) 設計者や実務レベルの観点からは、継手部モデルの簡易モデル化はニーズがありそうであり、その方法については更なる検討を加えられたい。

Q 材料異方性と等方性の比較において、等方性の場合の特性は異方性の場合のどちらかの方向の特性に合わせているのか。

A 強い方向の特性に合わせている。船の軸方向に繊維が向いていて、強い方向となっている。

Q P6 の 2GT 船落下実験の荷重-変位関係にて-500mm からスタートしているのはなぜか。

A フィルタ処理等により変位 0mm 以前でも多少の荷重が発生するため、データ整理の都合上マイナスからグラフがスタートしている。

(3) 船側方向からの衝突に対する施設応答解析 1 質点系モデルによる検討結果

大塚幹事より資料 6-5 に基づき、船側方向からの衝突に対する施設応答解析のうち 1 質点系モデルによる検討結果について説明が行われ、以下の議論が行われた。

Q ばね荷重によるモデル化は施設評価にとってメリットがあり、このような検討が行われている。一方で、ばね荷重以外でも目的が達せられればそれでよいという考えもある。他の荷重のモデル化手法も含め先生方のご意見を伺いたい。

A 荷重時刻歴をそのまま入力するのも一案である。また、固有周期と荷重作用時間の関係に応じて準静的なばね荷重と荷重時刻歴を使い分けるといった案もある。ただし、閾値をどうするかは課題となる。

C フィルタ処理後の荷重時刻歴を三角形近似して、一質点系モデルに入力することにより動的応答倍率および荷重変位関係が得られる。そこで得られる軸剛性から sin 半波を求めるといった方法も考えられる。

A 今回、Case2 は極端なフィルタ処理を行っているため、これをそのまま三角形近似してよいかという問題はありますが、手法としては理解したため検討したい。

Q Case0 と Case2 の力積は同じか。Case0 と Case2、Case1 と Case3 で応答の大小関係が逆になっているのはなぜか。同じ傾向であれば、複雑な荷重曲線を Sin カーブで近似できて良いので質問している。

A 力積は概ね同じで、若干 Case2 の方が小さい。Case2 は固有周期と荷重作用時間の関係から動的応答倍率が大きくなっており、Case3 と比べ変位が大きくなっている。

Q (高周波成分は効かないという説明と、最大荷重の影響が大きいという説明は逆になっていることもあり) P9 に「ピーキーな荷重の影響は小さい」とあるが、これは、ピーキーな波形においては、当該波形の荷重作用時間が、構造物の固有周期より短いという前提条件の場合、影響が小さいということではないのか？

A そうである。

C であれば、その旨追記しておいた方がよい。

C 高周波成分は効かないという説明と、最大荷重の影響が大きいという説明は矛盾しているように思う。ピーキーな荷重の最大値とその継続時間と固有周期の比から決まる動的応答倍率で説明できているように見える。最大荷重付近のみを抽出するのがよいか、継続時間と力積から波形を近似するのがよいかは固有周期によるためケースバイケースである。荷重時刻歴を用いて応答計算をすれば荷重の近似に判断が介入しない客観的なやり方となる。

C ばね荷重同士で応答の大小を比較する場合に、最大荷重が大きくても荷重継続時間が極端に短ければ応答は小さくなる可能性もあり、最大荷重が支配的という訳でもないと思われる。

Q 今回、船の気中衝突の解析結果に基づき検討されている。波力などの考慮は考えなくてよいか。

A 施設評価では、波力を静的に与えた後、衝突力を与えている。

(4) 小型船舶の付加質量に関する解析的検討

岩本幹事より資料 6-6 に基づき、小型船舶の付加質量に関する解析的検討について説明が行われ、以下の議論が行われた。

- C P14 の図にて流速が違って近い値になっているという説明も理解するが、15m/s の方が 10%程度大きいということであれば、IHI 側の検討では 16%の差異を大きいと言っており全体として整合がとれない。
- A 速度が大きい方が受ける力が大きいことが影響している。差異が生じているのも確かであり、割り切って保守的に係数をかけるという考え方もある。取りまとめ方については検討する。
- Q 10m/s くらいで影響の変化が出るように思われる。上限をどこでとるか。
- A 波力の影響は別に考慮されているので、それを付加質量係数で考慮することはダブルカウントになると考えられる。
- Q 船首方向の 5m/s はどうなっているか。
- A 実施していないが、15m/s と同じようなところにプロットされたいと考える。
- C 衝突角度も考慮して関数を考えることも可能だと思う。
- A 丸太の付加質量については衝突角度との関係を整理した文献があったかと思う。既往文献のレビューの際に参照したいと思う。
- C 施設応答の観点では最も厳しい条件として割り切ってしまうというのも一つである。レビューして提案頂くとよい。
- C 軸剛性ほどの幅で振っているのか。本当に確認すべきレンジの中にあるのか。船側方向で 10^6 の値を用いるのは過剰な条件設定かもしれないので、これも含めて最後に考察いただきたい。
- C 衝突解析では付加質量の慣性モーメントが考慮されているが、軸剛性や速度によって付加質量が変わるとなると、衝突解析とのイタレーションが必要になるのではないか。
- A 衝突力の検討と付加質量係数の検討は元々別の観点で実施しており、連動的に検討していない。両者をどう関連付けるかは課題であり、幹事団で考えたい。
- C 成果の公知化の方法として論文が基本とはなるが、論文に載らない重要な議論についてはどうするか。検討してほしい。
- Q このプロジェクトの終着点としてはどこまでを目指しているのか。
- A 前フェーズの研究開始当初は、船の衝突荷重を現実的のどう求めるかと、三次元施設応答解析の高度化を目標として進めていきたいと考えていた。解析モデルの簡素化等、前フェーズを進める過程で生じた課題の解決を目指して今フェーズの研究を実施している。
- Q 研究の全体像と、到達点に対し現状どこまで来ているのかというところを示してほしい。
- A 次回 WG にて示せるように準備する。
- C 評価方法は限られた条件のものであり、解析で様々な条件のものへ拡張する。その手法については公知化と、使いやすくするための簡素化が重要だと考える。査読付論文は成果の一つとなる。土木学会に成果報告書を出すかほご検討いただきたい。本研究の落としどころとして、これまでの議論で挙がった課題の解決まではしたい。

(5) その他

栗山幹事より今後のスケジュールについて、来年 2 月に総括的な WG を開催したい旨説明があった。

日程調整を早めに行くと共に、要すれば 2 月より前にも WG 開催を検討する。

以上