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：2020年10月14日（水） 10:30～15:30
2. 場所：電力中央研究所 赤城試験センター
3. 出席者：
 - <主査> 富田孝史（名古屋大学）
 - <幹事長> 伊藤千浩（電力中央研究所）
 - <委員> 木原直人（電力中央研究所）、金原勲（金沢工業大学）、嶋原良典（防衛大学校）、島村和夫（IHI）、長峰慎（東京電力HD）※¹、藤井直樹（東電設計）、別府万寿博（防衛大学校）、前川宏一（横浜国立大学）※²、山田安平（海上・港湾・航空技術研究所）、和仁雅明（中部電力）※³
 - ※1：当日(10/14)欠席のため、井村尚貴が代理出席
 - ※2：当日(10/14)はWEB会議にて衝突実験の立会のみ参加
 - ※3：当日(10/14)欠席のため、遠藤大輔が代理出席
 - <常時参加者> 奥寺健彦（北海道電力）、神田典昭（電源開発）、田村雅宣（東北電力）※⁴、藤井直樹（東電設計）、二木敬右（北陸電力）
 - ※4：当日(10/14)欠席のため、岩館礼が代理出席
 - <幹事> 安藤元（関西電力）、市川卓也（東電設計）、伊藤公人（中部電力）※⁵、大谷章仁（IHI）、甲斐田秀樹（電力中央研究所）、栗山透（関西電力）、田中良英（関西電力）、豊田真（IHI）、南波宏介（電力中央研究所）、山川大貴（東電設計）
 - ※5：当日(10/14)欠席のため、北林資也が代理出席
 - <オブザーバー> 永松直樹（中部電力）、谷智之（東京電力HD）、塚原元英（東京電力HD）、豊田幸宏（電力中央研究所）、相馬悠人（電力中央研究所）、綿谷智史（ニシエフ）、黒田光茂（日本マリン事業協会）、本田悟（日本マリン事業協会）、島田貴弘（IHI）

4. 配付資料：

- ① 資料6-1 第6回 津波漂流物衝突評価WG 議事次第
- ② 資料6-2 第6回 津波漂流物衝突評価WG 参加者一覧
- ③ 資料6-3-1 小型船舶の衝突力評価手法に関する実験的検討
- ④ 資料6-3-2 パイロット実験（シャフト船）衝突実験結果
- ⑤ 資料6-3-3 本実験における加速度及びびびり計測
- ⑥ 資料6-4 第5回 津波漂流物衝突評価検討会 議事メモ

5. 結果：

富田主査より挨拶が行われた。次に伊藤幹事長より配付資料の確認が行われた後、参加者の自己紹介が行われた。議事次第に沿って、配付資料の説明がされ、以下の議論が行われた。

- (1) 小型船舶の衝突力評価手法に関する実験的検討(資料 6-3-1) 及び本実験における加速度及びびびり計測(資料 6-3-3) について

- Q 今回の実験はパイロット実験のシャフト船と比べて、サイズと重さが異なるという認識で良いか。
- A パイロット実験に対して、重さは軽く、高さが低いが高さは同じくらいである。
- Q パイロット実験でのひずみの時刻歴について、G8 と G10 では振動の大きさが異なっているため、どこかで剛性の変化点があると考えられるが、モデル化においてはこの点を考慮できると良い。
- A 幹事団で検討する。

(2) 衝突実験（本実験）の立会
立会を実施。（議事なし）

(3)パイロット実験（シャフト船）衝突実験結果（資料6-3-2）について

- Q 従来型（シャフト船、2層構造、船首部に衝撃干渉部分があるタイプ）とモノック型（ドライブ船）のうち、シャフト船の方が実験として実施しやすく、整理がしやすいという位置付けから本実験船として選定したという考えでよいのか。
- A 資料6-3-1のP.3にあるように、シャフト船とドライブ船が選定されたのは、原子力発電所の近辺で存在数が多く津波漂流物として可能性が高いためであった。防潮堤により大きい衝撃荷重を与えるのはどちらかという観点でこれら二つのパイロット実験を実施したところ、P.3左のグラフのように、シャフト船の荷重の方が大きく、力積の立ち上がりも大きいことから、シャフト船を本実験の対象として選定した。
- Q シャフト船のほうが防潮堤に与える影響がより大きいから選定されたということか。FRP船は地域による違いが大きいので、地域性も絡めて検討するとよいと思う。
- A 今回は全電力会社の研究なので、地域性は各社で考慮するとして、今回はよりシビアなものを選定する意味で、シャフト船を選んだ。もし、原子力サイトによってシャフト船はないということがあれば、別途考慮すべきと思う。
- C そのあたりの説明が先にあれば、シビアなほうを選んだということでもよいと思う。
- Q 今回、速度が10m/sとなるように高さ5mからの落下としているが、10m/sとしたのはなぜか。仮にもう少し高いところからの落下だと何が起こるのか。
- A 10m/sとしたのは実験場の制限等から決めたものである。吊り上げられる高さの制約による。なお、電力各社の施設評価において10m/sというわけではなく、10m/s以上の場合の影響は今後の課題である。
- Q シャフト船の荷重時間歴を見て、舳先周辺が壊れている時に、速度がどの程度落ちているのか等について、検討していくのか。剛性が高いところが衝突するときに荷重が大きくなったり、先端が圧壊していく過程で減速したりする等、挙動が複雑であり、一つのばねでモデル化するのは難しいと思う。
- A これから分析してゆく。今後、基準等に展開していく際に、一つのばねに集約するのが便利であることは確かである。
- C 設計としては一つのばねで設定する方が扱いやすいが、2段階3段階のばねでの設定も含めて、今後検討が必要と考えている。
- Q ひずみ時刻歴皮形において、大きい波と小さい波が重なっていたが、高周波の波は何を意味するのか。
- A 今後検討していくが、おそらく船体の振動と思われる。
- Q P.19とP.20のひずみのグラフ間の大小関係を知りたい。
- A おそらく船首部のほうが大きく出ている。
- Q 今回は船首方向から落下させた実験であるが、今後モデル化し数値計算で船尾側とか船側とかの衝突方向を検討していくのか。
- A 外挿解析によって、複数方向での衝突を検討することになる。これまでの知見では、船首が強いとされてきたので船首から選んだ。

- Q 船首に水密区画（ボイドスペース）があることは分かったが、船尾には同じようなものがあるのか。
- A 船尾側も同様の材料が使われていて、構造が分かれば、シミュレーションは一応可能と思う。ただし、船首衝突でも難しいシミュレーションで、船尾側も難しい。こうすれば間違いないという確実な方法があるわけではないので、検討していく。
- Q 船側とか船尾からの衝突は、実験で確認されていないものになるのでは。
- A 同じ解析手法を用いるのである程度の信頼性は確保できると考えている。
- C 今回は船首のモデル化で部材のモデル化をしっかりとっておき、船側等に関しては構造をしっかりとモデル化して解析の信頼性を高めるということだと思う。
- C 衝突実験はうまくいっていると思われる。今後は保守的になりすぎない現実的なモデルを議論する必要がある。
- A FRP 船ではばらつきがあるので、不確かさを考慮し今後検討する必要がある。
- C 津波漂流物の衝突力というのは不確かさを多く含んでいると思う。最大値だけ取るのではなく、分布をみて妥当な設定を考える必要があると思う。
- C 不確かさゆえに安全側になってしまうのが一般的なので、その点をよく検討していただきたい。
- C 衝突力については実験結果を再現するためには複数段階のばねの設定となるが、設計に用いる際に、漂流物には不確かさがあるため、設定の一般性をどのように考えるかが重要と考える。
- C 船首部分については実験でよく確認されたと思うが、船首部分の破壊に引きずられると非保守的になる可能性があるるので注意が必要である。
- Q ドライブ船とシャフト船の荷重の違いは、剛性の違いだけでなく重量の違いもある。ドライブ船と本実験船の荷重を比較すると、重量はほぼ同一なので剛性の違いによる影響が分かると思われる。また、これらの小型船舶の重量分布がどうなっているかというのを調べておいたほうがいい。また、20ton は外挿する方針と聞いているが、どんな考えか。
- A 統計によると5トン以下が90%以上で、これ以上細かい分類ができるかどうかは不明である。外挿解析での船舶の重量についてはまだ議論の余地があり、これから検討する。
- Q P.3 の曲線について、無次元化はしないのか。
- A 無次元化したものは見たことがない。個々に構造が違ったりするので、一般化は難しいと思われる。
- C リエラ式のように船の軸方向の質量分布、剛性分布が重要と考えられる。荷重計と加速度計から求めた衝突荷重があっているので、準静的に壊れているのかもしれない。その場合、静的な荷重により荷重曲線を求めることができるかもしれない。いずれにしても、解析での材料モデルが重要となる。
- C シャフト船とドライブ船を両方やって、これからどうしようというタイミングなので、しっかり議論しておきたい。シャフト船の2層構造はあまり一般的でなくモノコック構造が一般的だと思う。シャフト船のように先端部分をクラッシュゾーンにするというのはあまり一般的でなく、最近できた考え方と認識している。今後、二層構造が増えるからという意味であればいいが、両方あるのであれば、どちらか選ぶのではなく、両方ともを対象に検討してゆく必要があるのではと思う。
- Q モノコックが一般的というのは指摘の通りかと思う。一方で、シャフト船を選んできた経緯もある。研究工程の問題もあると思うが、シャフト船の衝突解析を実施すると聞いているが、ドライブ船でも可能なのか。
- A ドライブ船は、図面がなく、ひずみ計測も少ないので、精度は落ちるが検討は可能と思う。3 か年の研究の中での、優先順位として、シャフト船としている。
- C 1つを選択したことは尊重するが、選定理由をしっかりと整理されたい。
- C 3隻の共通したことは、船首のボイド部分の破壊だったことである。シャフト船としてはパイロット実験のほうが、迫力があつたように思う。ボイドスペースの構造は船によって違いがあるのかもしれないが、長さは決まっているようである。10m/s の設定は、津波救命艇の時にビデオ等を見て決められた数値を参考にしている。今後 15m/s 等を考えていくことになると、主船体にエネルギーが伝わるので、更に剛性が変化するかもしれない。衝突方向に関しても、津波

救命艇でも議論があったが、船首をターゲットとして船側・船尾はシミュレーションとしており、今回もこれを踏襲している。船尾などは構造が異なるので正確なシミュレーションにはならない可能性はある。

- C 実験は終了したが、これからが大変だと思う。解析での材料のモデル化をどうするかは大変だと思う。施設評価の解析では、2 質点にするのか、剛性を 2 直線とするのか等について今後検討が必要である。
- C 船首隔壁については衝突隔壁でもあり、航行中に浮遊物に衝突することを考え、万一衝突した場合でも水密となるような構造となっている（定量的な船級ルールもある）。衝突での破壊部分が衝突隔壁で停止しているのは、上記の設計思想を考える上では、良い結果が確認できたと思う。
- C 船首が強いという認識があるが、できる範囲で船尾・船側のシミュレーションも実施して確認してほしい。めったに見られない実験に立ち会えてよかった。おそらく世界で初めての実験だと思うので、論文発表等で発信してゆくとよいと思う。それによって、日本の津波安全性技術への取り組みを PR できると思うので、大切だと思う。

以上