

土木学会 原子力土木委員会 津波評価小委員会
第1回 津波漂流物衝突評価WG 議事録

1. 日時：2019年11月20日（水） 15:30～17:30

2. 場所：土木学会 A,B 会議室

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> 安藤明宏（関西電力）、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）、田村雅宣（東北電力）、長峰慎（東京電力HD）、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）、山田安平（海上・港湾・航空技術研究所）、吉次真一（中国電力）、和仁雅明（中部電力）

<常時参加者> 奥寺健彦（北海道電力）、海江田洋平（九州電力）、神田典昭（電源開発）、坂上武晴（日本原子力発電）、二木敬右（北陸電力）

<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）、大谷章仁（IHI）、甲斐田秀樹（電力中央研究所）、田中良英（関西電力）、豊田真（IHI）、山川大貴（東電設計）

<オブザーバー> 松山昌史（電力中央研究所）、森勇人（中部電力）、室田哲平（北海道電力）

4. 配付資料：

- ① 資料 1-1 第1回 津波漂流物衝突評価WG 議事次第
- ② 資料 1-2 津波漂流物衝突評価WG 参加者一覧
- ③ 資料 1-3 津波漂流物衝突評価WG
- ④ 資料 1-4 津波漂流物の衝突に関する施設評価の体系化
- ⑤ 資料 1-5 施設評価に関する解析的検討概要
- ⑥ 資料 1-6 小型船舶の衝突力評価手法に関する実験的検討概要

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) WGの活動内容（資料 1-3）および研究全体概要（資料 1-4）について

C 施設評価での衝突力評価において、Abaqus 等により船の流体付加質量を解析で求めることはできない。流体付加質量については、衝突するものの質量として考慮されることとなる。

Q 資料 1-4 の p5 の静的実験、衝突実験について、2 直線上の点は何を意味するのか。また、この折れ線はどのような意味か。

A 荷重変位曲線で、静的実験と衝突実験により得られる結果と解析にて得られる結果をイメージしたものである。

C 資料 1-4 の p3 の記載について、3 次元解析が目的ではないので、この記載を見直した方が良い。

A ご指摘の通り、3 次元解析で施設評価することがゴールではない。この解析は衝突事象がどうなっているかを把握するためのものであるから見直す。

- C 体系化ということが書かれているが、体系化というもっと広い意味を持つので記載方法を見直した方が良い。
- A 拝承。内容に沿った目的に修正する。

(2) 施設評価に関する解析概要（資料 1-5）について

- Q p4 で木材及び車両の質量と速度はどう設定しているのか。
- A 質量と速度は、気中衝突実験の結果を利用している。引用文献を資料中に示している。
- Q 木材と車両を衝突させた場合、対象物の変位はどうなっているのか。
- A 木材の場合は荷重の作用時間が短く、車両では長いので、変位が大きくなっている。
- C 衝突前の状況と衝突時を比較し、衝突荷重によりどう変位するか、降伏する変位をおさえておくとうい。
- Q 3 倍波圧の設定では、津波の浸水深どのように設定しているのか。
- A 防潮堤高さが 10m であり、津波浸水深も同様に 10m としている。
- C この解析に用いられている剛性は、座屈を考慮したものとなっている。一般的な弾性変位内での剛性ではなく、塑性域（座屈含む）での剛性を求めているという点を整理しておくべきだろう。そのため、衝突実験においても 2 段階剛性の可能性がある。

なお、安藤幹事より事前にいただいたコメント（添付資料）が紹介された。

(3) 小型船舶の衝突力評価手法に関する実験概要（資料 1-6）について

- Q 受圧板の設計において解析を行ったとのことだが、受圧板に衝突した時の接触面積を計測することは考えているか。
- A 接触範囲を詳細に計測することは難しいが、高速度カメラで衝突時の挙動を確認する予定である。また、どこに衝突の中心点があるかについては、受圧板下の 4 本の円筒での荷重計測によって求めることは可能である。
- C 衝突部分の面積がわかるように、何か塗るか、敷くかなどをしてはどうか。集中荷重ではないことを示すためにも計測した方がよいと考える。
- A 衝突後の船舶挙動が安定するか分からないのでうまく計測できるか分からない。衝突時は、高速度カメラにて確認はする。
- C 資料 1-5 で昨年度の車両の解析を示したが、車両の作用面積は、投影面積で行った。
- C 車とは違い、船は船首側から徐々に広がる構造なので、投影面積とするのも難しさがあると思う。衝突によりどこまで壊れるかといった点も考慮しなければならない。
- Q 壊れた船の形状は計測するのか。
- A 壊れた状況によるが、計測する予定である。
- C 受圧板の裏側にひずみゲージ等を貼り付けて、その計測で衝突した部分がどこかを計測できるかもしれない。
- Q 受圧板の最大荷重はどれくらいを考えているのか。
- A 衝突時の偏心も考慮し、約 40 tonf (400 kN) を考えている。
- Q 受圧板の下基礎はどうなっているか。衝突時に周りが揺れてエネルギーが逃げることが予想される。
- A 被衝突部の基礎は周囲から縁切りされた構造になっていたと思う。なお、実験は電力中央研究所 赤城試験センターの落下実験施設で行う。
- Q 静的実験時に船に傾きが生じると考えられる。静的実験の方法はオーソライズされているものか。
- A 今回初めて行う方法である。壊さない程度を見極めてデータをとることを考えている。
- Q 過去に救命艇で実験を行っているが、今回の実験もこれまでの実績の同様の実験か。
- A 救命艇は、壊す実験ではなかった。また、受圧板での荷重計測は以前行っており、今回新たに実施することとなる。

る。

Q 衝突の向きは船首からの衝突で良いのか。

A 船首部分が他に比べて強いので実験はこれで計画している。解析にて船側側の衝突を検討する。

Q 解析にて、船側衝突の塑性域まで検証できるのか。弾性範囲内だけではないか。

A 船側衝突の解析については、まだ詳細をつめきれていない。実験を何度も行うわけにもいかないので、強いと言われている船首側を実験では行い、船側側は解析にて評価することとした。

Q 静的実験で、重心との距離だけを測るのか。衝突実験の予備的要素も検討してはどうか。ひずみ計測を行ったほうが良いのでは。計測においてもマーキングをしておくなど、方法がありそうだが。

A 壊れる箇所も分かっていない状況であり、ひずみ計測を多数つける必要がある。静的実験ではマクロな変位を計測する。

Q 事前解析にて、どれくらい変位が生じるか検討はしているのか。

A 簡易解析では、1mm 程度の変位であった。

Q 静的実験の変形を求めるのに高速度カメラの画像計測で可能では。

A 計測精度が画像の解像度に依存するので、精度面で難しいと考え、トータルステーションによる計測を計画した。

Q 船舶の衝突実験として予備実験はできないのか。

A 今年度の 2 隻が予備実験の位置付けである。

C 予備実験と本実験を合わせても 3 隻しかないことを踏まえれば、予備実験のデータも活用できることが望ましい。特に本実験と同型のシャフト船については、精度の高いデータが得られるよう、例えばドライブ船の実験を先行して実施する等の検討をお願いしたい。

A 予備実験は、ドライブ船の後、シャフト船を実施する予定である。また、予備実験の 2 隻目は、1 隻目の結果を反映することを考えているので、計測を充実し本実験に近い実験とすることを考えていくこととする。

Q 衝突実験の吊りあげ高さは。

A 5m で考えている。衝突速度を約 10 m/s として計画している。

Q 衝突時間は計測できるのか。

A 衝突時間は荷重の時刻歴から求めることができる。十分な精度で求めることができる。

なお、安藤幹事より事前にいただいたコメント（添付資料）が紹介された。

5. その他

- ・ 衝突実験の日程が 2 月の中旬、3 月の中旬となる予定であり、それに合わせて第 2 回及び第 3 回 WG の日程を調整する。詳細は後日調整する。

添付資料：事前コメント

以 上

事前コメント

1) 研究概要について（資料1－4）

（コメント） なし

2) 解析的研究について（資料1－5）

（事前説明時のコメントとその対応方針）

- ・ 本研究では、津波と漂流物が同時到達した仮定としている。陸上の車両や木材の場合は、段波で押されて波の到達と同時に漂流物が衝突する可能性があるが、漁船ではこのような現象が生じるとは考えにくい。したがって、漁船衝突時に作用する津波を静水圧の3倍とするのは過大であるとする。

【対応方針】 発電所はドライサイトとして設計しているため、津波が越流することは想定していない。また、津波の影響により漂流物が衝突しない可能性もあるが、本研究では保守的なケースとして、設計上考慮している波圧が作用した状態で漂流物が衝突した場合の施設応答を評価している。

- ・ 実験では船首方向だけを想定しているが、実際の現象では、津波の影響により船首方向以外の衝突も考えられる。

【対応方針】 実験では船首方向のみを検討しているが、船側方向を含めた船首方向以外の衝突に関して、解析の中で検討していく。

3) 実験的研究について（資料1－6）

1. 再現解析および外挿解析の精度確保

（事前説明時のコメントとその対応方針）

- ・ 再現解析の再現性確保のために、中古船の材料物性値を材料試験でしっかり把握すること
- ・ 再現解析から外挿解析において、新船の材料物性値をしっかりと設定すること

【対応方針】 両ご意見を踏まえ、材料試験等の充実、新船の材料物性値の設定に関して、今後検討していく。

2. 中古船の材料試験

（事前説明時のコメントとその対応方針）

- ・ 材料特性は、衝突実験の衝撃により影響するかもしれないため、材料試験用の試験片を採取する際に、その採取箇所は考慮が必要。

【対応方針】 試験片採取前に、衝突による層間剥離の有無を確認し、影響のない箇所で試験片を採取する。

- ・ FRP 材の破損クライテリアを把握するため、破断ひずみを把握することが重要ではないか。

【対応方針】 材料試験において、破断ひずみも把握することとする。

3. 受圧板について

(事前説明時のコメントとその対応方針)

- ・ 偏心の可能性があるため、自作受圧板のひずみゲージが振り切れないよう注意が必要

[対応方針] 偏心の場合を解析にてシミュレーションしており、受圧板の設計に反映する。なお、シミュレーション結果によるひずみ計測位置での応力は 150MPa 程度となっている。

以上