

原子力土木委員会が作成した技術文書（津波漂流物の衝突および施設影響に関する評価技術＜技術資料＞）に対する意見とWGによる対応対照表

記載者	部	章/節	ページ/行	行・図表番号等	御意見の内容	対応内容
海岸工学委員会		本編	1.はじめに 1.3前提条件および評価対象構造物	P7/126-129 126-129 評価対象構造物	『評価対象構造物は、一般的な陸上、海上、海中の土木構造物および機器から、被災時の影響の大きさを鑑みてより高い安全性が求められる原子力発電所における土木構造物および機器までを含み、これらの漂流物の衝突に対する耐津波設計やリスク評価に適用可能なものとして取りまとめる。』について、評価対象構造物を原子力施設に限定すべき（少なくとも、<u>主たる評価対象構造物が原子力施設であることを明示的に記述すべき</u>）。 理由： ・津波漂流物が影響しうる施設は原子力施設以外に海岸保全施設、港湾施設、漁港施設、河川管理施設、道路施設、津波防護施設、民間建築物など多岐にわたるが、各種施設の設計の基本方針や手順、現状などがほとんどレビューされておらず、各種施設の基準類との整合、費用対効果や施工性などのさまざまな制約条件の下で、提案する技術が各種施設の設計に適用可能なか判断できない。各種施設への適用は各種施設の設計者に委ねる形になるため、各種施設の知見が不十分な資料が誤った形で各種施設に適用される恐れがあるが、その責を設計者に負わせるのは酷である。 ・原子力土木委員会の活動範囲は原子力施設に関わるものに限定されており、また、本WGメンバーが各分野の専門家を網羅していないことも踏まえ、原子力施設以外の施設は適用対象とせず、原子力発電所のための津波評価についてまとめた「原子力発電所の津波評価技術2016」と同様に、原子力施設に関する技術資料としてまとめるべき。	本書は、漂流物の調査・特定から衝突荷重の設定に係る部分については原子力施設に限らず適用可能な手法を取り纏めている一方、施設応答については原子力施設における主要な構造物である鉄筋コンクリート製の壁を主な対象としています。以上を踏まえて、「施設応答評価手法については、原子力発電所における主要な構造物である鉄筋コンクリート製の壁を主な対象として例示する。」ことを追記しました（1.3節）。また、本書は、津波漂流物の衝突に係る評価手法を取り纏めた技術参考書であり、1.2に記載のとおり、「実務者が適切な手法を選択する際の参考」となるように知見や技術を整理したものであることを踏まえ、実務者に適切に参照頂けるよう「津波漂流物の衝突に係る設計を行う際、評価対象構造物を対象とした技術基準類が存在するときは、それらを参照した上で、評価手法や各種パラメータの選定の際の参考として本書を利用されたい」旨を追記いたしました（1.3節）。
海岸工学委員会		本編	5.漂流物の衝突荷重の評価手法 5.1基本事項 5.2漂流物の衝突荷重評価手法の選定 5.3衝突荷重推定式	P22-28 /399-457 399-457 表-5.1、表-5.2、表-5.3	表-5.2では、Haehnel and Daly（2004）や水谷ら（2005）の衝突荷重推定式は、衝突荷重作用時間や軸剛性を適切に設定することで「実用上十分な精度で衝突荷重を推定できる」と記載されている。 しかし、付属編の付表-1.1に衝突による被害事例が挙げられている<u>大型船舶</u>については、<u>衝突荷重作用時間が表-5.2や表-5.3に示されておらず、それらを適切に設定するための知見が不足している</u>。 本資料が求める「安全側の評価」のためには<u>大型船舶の衝突を想定する必要があると思われるが、衝突荷重推定式では大型船舶衝突の評価を十分な精度で行うことが現時点で難しいことを踏まえ、衝突解析など他の方法（手法）を用いるべきであることを明記すべきではないか</u>。	ご指摘のとおり、パラメータ（表-5.3）の不足により衝突荷重推定式による評価が難しいケースがあると考えられますため、ご指摘を踏まえて5.3.1に「入力パラメータの設定が困難である漂流物の衝突荷重については、衝突解析（5.4）などの方法より評価を実施する必要がある。」を追記いたしました。

海岸工学委員会		本編	6.漂流物衝突 に対する施設 応答評価手法 6.1基本事項	P37/687, 694 P38/698 P39/705	687, 694, 698, 705 津波防護施設	「津波防護施設」は「津波防災地域づくりに関する法律」で規定される施設名称であり、 <u>法定用語との混同を避けるため「津波による浸水を防ぐための施設」</u> など、他の表現を用いるべき。なお、同法において、津波防護施設には海岸保全施設、港湾施設、漁港施設などは含まれない。 (参考) 法第二条10 この法律において「津波防護施設」とは、盛土構造物、閘門その他の政令で定める施設（海岸保全施設、港湾施設、漁港施設及び河川管理施設並びに保安施設事業に係る施設であるものを除く。）であって、第八条第一項に規定する津波浸水想定を踏まえて津波による人的災害を防止し、又は軽減するために都道府県知事又は市町村長が管理するものをいう。	原子力規制委員会の「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」にも「津波防護施設」は用いられており、法定用語でなく一般用語と認識しておりますが、誤解を避けるために「防潮堤などの津波による浸水を防ぐための施設」といたしました。
海岸工学委員会		本編	用語集	P48	許容限界	「 <u>津波防護のための施設</u> については、その防護機能や浸水防止機能を維持できる状態としてもよい、」 「津波防護施設」に関する前項意見に応じた修正表現に準じて「津波による浸水を防ぐための施設」などに修正すべき。	ご指摘の通り修正いたしました。
海岸工学委員会		付属編	付3.1.4 付3.1.4 付6.1	P16/353 P17/362 P100/2298	353, 362, 2298 津波防護施設	「津波防護施設」は「津波防災地域づくりに関する法律」で規定される施設名称であり、 <u>法定用語との混同を避けるため「津波による浸水を防ぐための施設」</u> など、他の表現を用いるべき。なお、同法において、津波防護施設には海岸保全施設、港湾施設、漁港施設などは含まれない。 (参考) 法第二条10 この法律において「津波防護施設」とは、盛土構造物、閘門その他の政令で定める施設（海岸保全施設、港湾施設、漁港施設及び河川管理施設並びに保安施設事業に係る施設であるものを除く。）であって、第八条第一項に規定する津波浸水想定を踏まえて津波による人的災害を防止し、又は軽減するために都道府県知事又は市町村長が管理するものをいう。	原子力規制委員会の「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」にも「津波防護施設」は用いられており、法定用語でなく一般用語と認識しておりますが、誤解を避けるために「防潮堤などの津波による浸水を防ぐための施設」といたしました。
日本建築学会 津波荷重 改定小委員会		全体				非常に精力的に衝突荷重に関する知見をまとめられており、大変敬意を表します。特に衝突時間の流速に関する実験の取りまとめ資料は設計者にとっても貴重な参照資料になることと思います。基本的には問題ないと思いますが、ただ資料に記載されている結果が独り歩きする可能性がある部分だけ、下記に記載させていただきました。	
日本建築学会 津波荷重 改定小委員会		本編		38	鋼製ラーメン＋アンカーボルトほか	架構のばねは連続したモデルでモデル化されるわけですが静的な応力に対しては強度上昇がないので想定した破壊メカニズムになると考えられます。衝撃的な外力の場合はひずみ速度による強度上昇が著しいので溶接部の破断や高力ボルトのせん断破壊等の想定とは異なる箇所での破壊が発生します。これが東日本大震災での鉄骨造建物の被害です。本来なら解析ではなく実験での確認が必須だと思いますが、少なくとも柱脚はコンクリート根巻き柱脚を励行するなどが必要ではないでしょうか。梁接合部の母材耐力に対して十分大きな溶接強度・接合部強度を心掛けるような記載が必要だと考えます。また、建物形式では基礎全体が滑动することは考えないのでしょうか	・柱脚については、どちらかという「設計」における留意事項かと思いますが、本書の6章は施設の「評価」に着目した記載にしておりますので、今回は記載しないことにしたいと考えています。 ・ご指摘の通り、建物の形式によっては滑动が想定されるため、6.3.3に「また、評価対象構造物の形式によっては、衝突荷重による滑动が想定されるため、滑动を評価する場合は、性能指標として地盤のせん断力がある、」を追記しました。

日本建築学会 津波荷重改定小委員会		本編		27	表5.3	漂流化する可能性のものは表5.3中のものだけなのでしょうか。少なくとも既往の被害で確認されている具体例は示さないのでしょうか。例えば引き波を考えた場合、船舶やコンテナや流木以外にも、水門や防潮堤、周辺建築物等が漂流してくる可能性も考えるのでしょうか。	表-5.3には、衝突荷重推定式を適用する際に必要となるパラメータのうち、漂流物の物性により定まる衝突荷重作用時間と軸剛性を記載しており、ここに記載のもののみが漂流物化する可能性があるという意図ではありません。漂流物化する可能性のある物体については、1.1および付1.1に整理をしています。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会				27	表5.3	流速と寸法と漂流条件が異なった場合に Δt は類似の実験結果から推定可能とするのでしょうか。しないのでしょうか。補正する式などはあるのでしょうか	表-5.3にまとめたパラメータは主に実験により整備されたものであり、実務で評価を行う際の流速や漂流物の諸元とパラメータの元文献における類似性を踏まえて適用の可否を判断することとなります（5.3.2）。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会		付録		67	付5.2.6.1	付加質量はどの程度妥当なのでしょうか。模型実験のようにスケールの小さい場合と実スケールの場合で同じ付加質量(同じ程度の影響)を仮定してもよいのでしょうか	ご指摘の通りスケール効果の存在は認識しています。本資料は、津波漂流物の衝突現象においては、物体の形状による慣性抵抗が支配的であると考えられることから、実用上の設計値として妥当であると判断していますが、ご指摘の点に係る明解な整理が今後の課題であると考えております。なお、付加質量係数を算定している文献の比較（1.2m×0.5m×0.5mの漂流物模型を用いた実験と、22m×6m×3mの船舶を対象とした数値計算）からも、値が同程度であることが確認されています。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会		本編	6.3.2項	45	表5.1および図6.2	表5.1では被衝突体を弾性とした衝突解析を想定した記述になっており、6.3節に記載された力積やエネルギーを考慮した設計は（付録でも）あまり明確な方法に記載がありません。基本的には被衝突体は塑性解析は許容しないという考えなのでしょうか。基礎部分では圧壊判定等基本的に弾性解析なのだと思います。特に1点目の指摘のように(応力上昇によって)脆性的に破壊する部分が影響しないか、あまり鋼材ひずみ関係のようなハッピーモデルで、上部構造の塑性変形能力が表現できると記載しない方がよいかと思います	・衝突解析の活用方法としては、表-5.1のうち、衝突解析の概要に記載の「被衝突体を剛体とみなし、漂流物のみをモデル化することで衝突荷重を推定する」とこと、調書に記載した「構造物と漂流物の双方をモデル化することにより、衝突に伴う両者の相互作用を解くことが出来る」とこの2点であり、本書では前者を中心にまとめております。 ・衝突に対する評価手法として、線形解析の他に非線形解析について記載しており（6.3.2）、非線形(塑性)を許容し、状況に合わせて手法を切り替える記載としています。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会		付録	全体			付録が膨大で見つけられなかったのですが衝突解析に関するモデル化方法によるばらつきについてよくわかりませんでした。実験結果(正解)なしに衝突解析した場合にその結果はどの程度設計として有効なのかはどのように判断したらよいのでしょうか。 解析によって算定する場合でも粗々の目安となる算定式は必須ではないでしょうか(F Δt =2mvなど)例えば漂流物や流速や角度等ほどのくらのケースを想定して検討しておく必要があるのでしょうか。 また、設計では衝撃荷重が最大のケースを想定する必要があるのでしょうか。そのあたりは設計者自身で考えろということでしょうか。	実務に数値解析を適用する際の留意事項、衝突解析で適切な解を得るために必要事項として、解析コードの選定（付5.3.1）、モデル化（付5.3.2）、要素タイプ（付5.3.3）、材料モデル（付5.3.4）等を整理しています。これら必要事項を考慮した上で、評価対象の物理現象の再現、類似した実験との対比により評価手法の信頼性を確認することが望ましいとしています（付1.2）。バラツキを考慮した結果を得るためには、評価者が入力情報にバラツキを与えた上で衝突解析を実施し、得られた結果を分析する必要があります。 衝突解析などの詳細な解析は物理現象を精緻に再現するため、衝突物と被衝突物の複雑な衝突事象の解析結果と簡略化した理論式を比較することは困難な場合があります。衝突解析が適切に実行されたことを確認する一般的な検証事項であるエネルギー収支（保存則）などを付5.3.8に整理しています。 また、荷重の与え方については、「衝突荷重作用時間と評価対象構造物の固有周期の関係を踏まえて、適切に構造物の動的影響による応答増幅を踏まえて評価する」ものと位置付けています（5.1）。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会		本編				全般において気になったのは、「1. はじめに」において	
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			1. はじめに	57行		「漂流物の衝突に対する構造物や機器の性能照査および設計手法の確立が必要である」、あるいは	
日本建築学会 津波荷重改定小委員会				66行		「構造物や機器（以下、評価対象構造物）が、所定の性能を持つか確認するものである」、あるいは	

日本建築学会 津波荷重改定小委員会				126行		「被災時の影響の大きさを鑑みてより高い安全性が求められる原子力発電所における土木構造物および機器までを含み、これらの漂流物に対する耐津波設計やリスク評価に適用可能なものとして取りまとめる。」等、	6章では鉄筋コンクリート製の壁を対象とした応答評価を例として記載していることから、構造物を中心とした記載になっている点は否めないと考えております。一方、被衝突体のモデル化手法や衝突荷重の設定方法については、評価対象が構造物と機器のいずれであったとしても共通であり、6章にはこれらに対する共通事項を中心に記載しております。ご指摘の点は次回改訂時に十分留意することといたく存じます。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会						繰り返し、対象を「構造物」と「機器」にすると記述されているにもかかわらず、内容的には構造物だけに特化しており、設備に関しては、これにまったく触れていない点である。	
日本建築学会 津波荷重改定小委員会					図-1.1		
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			6. 3. 3			以上の点は、資料終盤の「6. 3. 3 性能指標および許容限界」にも関係する。ここでは、本来、「1. はじめに」を受けて書かれるのであれば、被衝突体の基本要性能として「構造物の安全性」と「機器の機能性」を並置して記述すべきではないかと思う。しかし、実際には、	
日本建築学会 津波荷重改定小委員会				812行		「例えば、津波に対する要求性能として浸水および漏水を防止することが挙げられ、・・・」と記されており、「構造物の安全性」の中の一項目に触れるにとどまっている。ここでも「機器の機能性」に関してはまったく触れていない。この節で書かれる内容は、「例えば」として書かれる個別の要求性能ではなく、一般的な「構造物の安全性」と「機器の機能性」という、より広い視野で記述すべきではなかったかと思う。	
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			2. 4	247行		「荷重の低減対策」について記述されているが、津波漂流物の場合、たとえば ①被衝突体の形状（円筒や半球のような曲面の採用）、②津波に対する方向（被衝突体の長軸方向を向けない）、③被衝突体の周囲に漂流物バリアを設ける、等の具体的な方法が考えられると思う。このような具体例を含めて記述しておく「荷重の低減対策」の意味している内容が伝わりやすくなったと思う。	ご指摘の点は「荷重低減」に関する有益な示唆を与えるものと認識しており、今後情報収集・議論を進め、次回改訂に反映させたく存じます。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			5. 3. 3. 1	467行		「付加質量」の説明として、「水中を漂流物が移動する過程で、漂流物近傍の海水が漂流物と一体となって移動し、・・・」という記述があるが、実現象としての表現として正しいのかどうか疑問が残る。結果として、（仮想的に）そのように見なせるということであり、実現象としての表現としては不適切ではないのかと思う。	「これは、水中で漂流物が加減速する場合、漂流物近傍の海水もそれに伴い加減速される。この海水を加減速するために必要な力が漂流物に働くため、漂流物の質量が“見かけ上”増加したようになる。この増加分の質量を付加質量（または付加水質量）と呼ぶ。」と修正いたしました。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			5. 5	603行		「評価対象構造物の応答に作用の速度による動的な効果が現れない定常的な静的荷重を与える。」ここの文章は、読んでいて何が言いたいのかよく理解できなかったのが、わかりやすい表現に変えてほしい。	「被評価対象構造物に全体的な応答を生じさせ、衝突荷重作用時間が極めて長い準静的荷重を施設応答評価に用いることが適切な場合、定常的な静的荷重として与える。」と修正いたしました。

日本建築学会 津波荷重改定小委員会			6. 2	722行		ここは荷重組合せに関する記述であるが、波、風、雪との組合せは考慮するが、地震に関しては「漂流物の衝突は一般に地震力作用後に生じること、被衝突体は地震力に対して別途耐震設計が行われていることから、本書では地震力に対しては対象外とする。」と記されている。しかし、津波を引き起こすような地震は、その後も余震が繰り返し発生することを考えると同時発生確率は低くはないし、別途耐震設計が行われているといっても、それは単独で作用する場合だけの話であり、荷重組合せの文脈で考慮されているわけではない。以上の点から考えて、地震を荷重組合せから外すという根拠としては不十分であり、津波と地震の組合せを除外するという考え方も不自然に思える。	ご指摘を踏まえ6.2の文章を修正しました（下記アンダーライン部分を追記） 「なお、上記の荷重に加え、地震力が重畳して作用する可能性があるが、漂流物の衝突は一般に地震力作用後に生じること、被衝突体は地震力に対して別途耐震設計がされていることから、地震力については対象外とする、<u>ただし、余震が繰り返し発生する場合は、地震力が重畳して作用する可能性があるため、この場合、地震力も適切に重ね合わせて考慮することも考えられる。</u>」を追記しました。
日本建築学会 津波荷重改定小委員会			6. 3. 1	756～761行		ここでは地盤のモデル化に関して記述されている。「基礎地盤の支持性能を評価する場合は性能指標として接地圧が必要となるため、地盤をモデル化する。」と記されているが、基礎地盤の支持性能に関連して、押し波と引き波の繰り返しのもとで進行する地盤の洗堀の影響に関しては何も触れないでよいのが気になる。洗堀は津波に対する基礎地盤の支持力を考えるときの重要項目になると思える。	ご指摘を踏まえ以下のとおり修正いたしました。 「なお、基礎地盤の支持性能を評価する場合は性能指標として接地圧が必要となるため、これら地盤状況の変化を適切に反映した上で地盤をモデル化する。また、周辺地盤が洗堀を受けやすい土質条件である場合には、津波の押し波・引き波による支持力の低下や土砂の流出による支持地盤の消失について検討を行うものとする。」