津波漂流物防護柵について

令和 2 年 3 月 19 日
再処理廃止措置技術開発センター

1. はじめに

東海再処理施設に遡上した津波に対して、防護対策の一環として津波漂流物防護柵の設置により漂流物の衝突から特定の建家を防護することを検討している。

一般港湾設備において既に適用事例のある津波漂流物防護柵※1 について、技術的検討状況を以下に示す。

※1 一般港湾設備における施工実績(添付-1参照)

2. 津波漂流物防護柵について

小型船舶、車両、コンテナ、木材などの津波漂流物に対し、鋼管支柱と捕捉スクリーン（金属製ワイヤーロープ等）を使用した漂流物防護柵を配置し、特定の建家への漂流物の衝突を防止する。

一般港湾設備での漂流物防護柵の設置実績では漁船（排水トン数約 60 トン）を対象とした施工事例がある。漂流物防護柵は、漂流物が衝突した際に支柱が変形しながら衝撃を吸収し、さらにワイヤーロープが衝撃を緩和することで漂流物を捕捉するものである。

3. 設計基準

漂流物防護柵の設計にあたっては、「耐津波設計に係る工認審査ガイドの制定について」（平成２５年６月１９日　原子力規制委員会決定）において、漂流物による荷重を算定する際の設計根拠として参照されている「津波漂流物対策施設設計ガイドライン」（財)沿岸技術研究センター、(社)寒地港湾技術研究センター（平成 26 年 3 月）（以下「漂流物設計ガイドライン」という。）を適用して行う。

なお、「漂流物設計ガイドライン」では、被衝突体（津波漂流物防護柵）は塑性範囲にあっても構造物全体が破壊されなければ津波対策施設としての機能は保持しているとみなす設計としている。

4. 津波漂流物防護柵の設計について

4. 1漂流物の外力の評価方法

「漂流物設計ガイドライン」に基づき、漂流物の衝突エネルギーを算出する。衝突エネルギーは、漂流物の種類ごとに評価式が分かれており、船舶による衝突エネルギーの評価例を下記に示す。

船舶の衝突エネルギー

$$E = E_0 = W \times \frac{V^2}{2g}$$

ここで、$W = W_0 + W' = W_0 + (\frac{\pi}{4}) \times D^2 L \Upsilon_W$

W:仮想重量（kN）、W_0：排水トン数（kN）、W'：付加重量（kN）
D：喫水(m)、 L：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅（m）
Υ_W：海水の単位体積重量（kN/m^3）

４．２．外力を踏まえた防護柵の設計方法

津波や漂流物に対して、防護柵の各部材（端部支柱、中間支柱及びワイヤーロープ）が以下の条件を満たすよう防護柵を設計する（表 1 参照）。

1) 各部材の最大抵抗荷重が水の抗力を上回ること
2) 各部材の吸収エネルギー量が漂流物の衝突エネルギーを上回ること
3) 水の抗力受けているワイヤーロープから各支柱へ作用する応力が静的降伏応力を下回ること
4) ワイヤーロープが漂流物を捕捉した場合にワイヤーロープから各支柱へ作用する応力が動的降伏応力を下回ること
5) 端部支柱又は中間支柱が漂流物を捕捉した場合にワイヤーロープから各支柱へ作用する応力が動的降伏応力を下回ること

以上

表 1. 漂流物防護柵の設計妥当性の照査方法

部材	検討ケース	照査方法
ワイヤーロープ	漂流物の衝突エネルギーに対する検討	ワイヤーロープの吸収エネルギー量が、漂流物の衝突エネルギー量を上回ることを確認
	ワイヤーロープからの伝達力に対する検討	ワイヤーロープの最大抵抗荷重が、水の抵抗を上回ることを確認
端部支柱	漂流物の衝突エネルギーに対する検討	支柱の吸収エネルギー量が、漂流物の衝突エネルギー量を上回ることを確認
	ワイヤーロープからの伝達力に対する検討	支柱の断面力が、ワイヤーロープからの伝達力に対して安全であることを確認 (1) ワイヤーロープが抗力のみを受けている状態※2 (2)－① 端部支柱が漂流物を捕捉した状態※3 (2)－② 捕捉スクリーンが漂流物を捕捉した状態※3
中間支柱	漂流物の衝突エネルギーに対する検討	支柱の吸収エネルギー量が、漂流物の衝突エネルギー量を上回ることを確認
	ワイヤーロープからの伝達力に対する検討	支柱の断面力が、ワイヤーロープからの伝達力に対して安全であることを確認 (2) ワイヤーロープが抗力のみを受けている状態※2 (2)－① 中間支柱が漂流物を捕捉した状態※3 (2)－② 捕捉スクリーンが漂流物を捕捉した状態※3

※2 静的降伏応力を基に照査

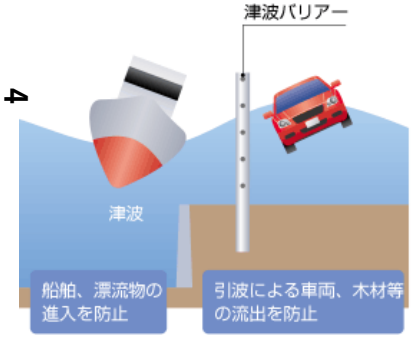
※3 動的降伏応力を基に照査

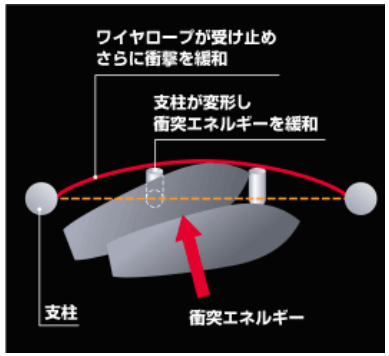
漂流物防護柵の検討について（参考）

１．技術概要

漂流物防護柵は、津波の来襲時に陸地内に流れ込む漁船、木材、コンテナ等の流入を抑え、引波時は、人、家屋、車両等の海への流出を防止する減災技術であり、鋼管を使用した端部支柱と中間支柱、それらを結ぶワイヤーで構成する。

漂流物が衝突した際には支柱が変形しながら衝撃を吸収し、さらにワイヤロープが衝撃を緩和し、水塊は止められないものの漂流物を受け止め衝突、流出の被害を防止する。



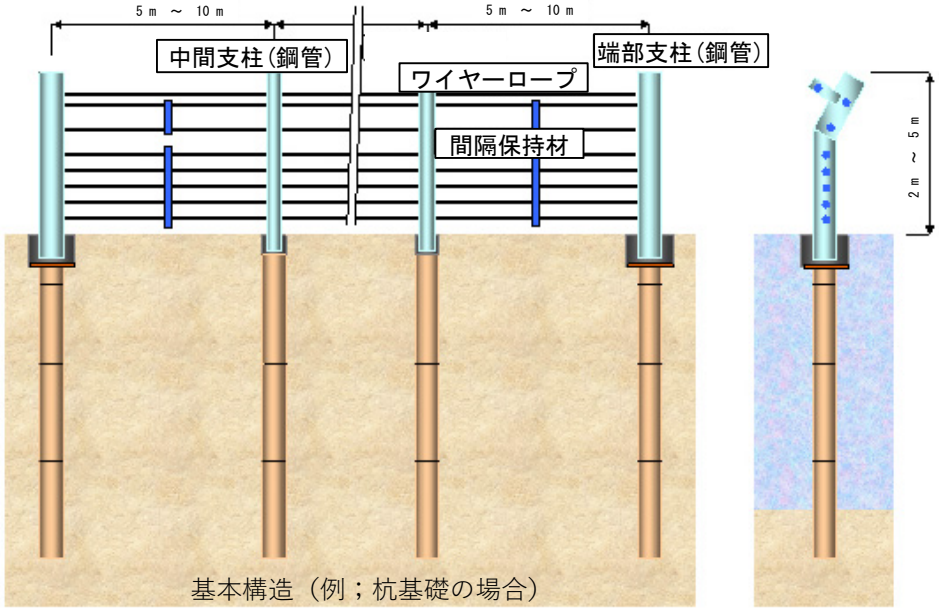


高潮・津波バリアー研究会資料より

津波漂流物捕捉施設

津波漂流物の捕捉状況の例（十勝港）

津波漂流物の捕捉状況の例（えりも港）



高潮・津波バリアー研究会資料より

２．施工例

港湾周辺における一般的な津波対象漂流物として、船舶、車両等を想定して漂流物防護柵を設計・施工した実績がある。主な施工実績を表1に示す。

表1 漂流物防護柵の主な施工例と設計条件

施工例	設計条件（漂流物）	設計条件（防護柵）
重要タンクの防護用防護柵（民間エネルギー会社）	対象漂流物：漁船20 GT 津波深：GL+5.0 m 施設高：GL+6.6 m 漂流物流速：2.0 m/s	端部支柱：直径1000 mm、鋼管厚さ14 mm 中間支柱：直径800 mm、鋼管厚さ12 mm ワイヤーロープ：直径12.5 mm
蒲生幹線（宮城県）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+4.6 m 施設高：GL+5.6 m 漂流物流速：7.5 m/s	端部支柱：直径900 mm、鋼管厚さ11 mm 中間支柱：直径700 mm、鋼管厚さ9 mm ワイヤーロープ：直径18 mm
中野幹線（宮城県）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+1.7 m 施設高：GL+2.7 m 漂流物流速：2.4 m/s	端部支柱：直径318.5 mm、鋼管厚さ9.5 mm 中間支柱：直径190.7 mm、鋼管厚さ6 mm ワイヤーロープ：直径10 mm
中央幹線（宮城県）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+1.6 m 施設高：GL+2.6 m 漂流物流速：3.3 m/s	端部支柱：直径318.5 mm、鋼管厚さ9.5 mm 中間支柱：直径190.7 mm、鋼管厚さ6 mm ワイヤーロープ：直径10 mm
十勝港（北海道）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+3.1 m 施設高：GL+4.7 m 漂流物流速：1.0 m/s	端部支柱：直径318.5 mm、鋼管厚さ14.3 mm 中間支柱：直径216.3 mm、鋼管厚さ12.7 mm ワイヤーロープ：なし
えりも港（北海道）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+1.7 m 施設高：GL+3.3 m 漂流物流速：0.9 m/s	端部支柱：直径355.6 mm、鋼管厚さ6.4 mm 中間支柱：直径165.2 mm、鋼管厚さ7.1 mm ワイヤーロープ：直径10 mm
厚岸漁港（北海道）	対象漂流物：漁船、車両 津波深：GL+1.5 m 施設高：GL+3.0 m 漂流物流速：1.6 m/s	端部支柱：直径500 mm、鋼管厚さ12 mm 中間支柱：直径406.4 mm、鋼管厚さ9 mm ワイヤーロープ：直径14 mm

別添

制定　平成 25 年 6 月 19 日　原管地発第 1306196 号　原子力規制委員会決定

耐津波設計に係る工認審査ガイドについて次のように定める。

平成 25 年 6 月 19 日

原子力規制委員会

耐津波設計に係る工認審査ガイドの制定について

原子力規制委員会は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を別添のとおり定める。

をもって安全側となる定数が設定されていることを確認する。

4.3　荷重及び荷重の組合せ

【審査における確認事項】

(1)安全審査の段階で評価した入力津波の設定方針に基づき、対象施設の設計に用いることを目的として、対象施設の設置位置における入力津波が適切に求められていること。

(2)入力津波以外の荷重として、地震力（余震）や各種基準類に示されている荷重類が考慮されていること。

(3)上記荷重を適切に組み合わせていること。

【確認内容】

①津波荷重

a)津波の繰り返し作用については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波防護施設の機能へ及ぼす影響を考慮して荷重設定が行われていることを確認する。

b)過去の津波被害では、洗掘による施設の倒壊等が多数発生している。これを踏まえ、基準津波及びこれの伝播過程の不確かさ・ばらつきを考慮して越流の可能性を検討し、必要に応じて越流時の荷重（例えば、洗掘力等）を踏まえた荷重設定が行われていることを確認する。

c)津波伝播及び遡上解析結果を踏まえ、実状に応じて引き波による荷重を考慮していることを確認する。なお、荷重の検討にあたっては、引き波の流下方向、速度に加え、流下方向における地形・人工物の背後側の渦巻き流及び、滞留による影響や人口物前面の洗掘による影響も考慮すること。

d)必要に応じて、漂流物の衝突についても考慮されていることを確認する。なお、漂流物の可能性の検討、漂流物の影響の程度に応じた設計上の考慮については、(3.7.1) を参照する。

e)発電所施設周辺の一般的な漂流物としては、周辺に停泊されている船舶や車両、コンテナ、木材等の人工物があげられる。また、防波堤等と共に設置される消波ブロック等も津波の大きさによって漂流物となりうる。対象漂流物の設定にあたっては、現地踏査等により、潜在的に漂流物となりうる対象とその形状、数量について検討を行い、漂流物の特定がなされていることを確認する。

f)津波防護施設の設計において、漂流物による荷重を考慮する場合、以下の事項が考慮されていることを確認する。

・漂流物による津波防護施設への作用は、漂流物の衝突力によって評価されていることを確認する。

・漂流物による荷重（衝突力）は、「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（案）」等を参照し、対象漂流物質量や寸法、喫水（海水面から対象漂流物の下端までの深さ）を基にして算出されていることを確認する。
・漂流物の衝突力は、漂流物の重量と流速による衝突エネルギーによって求めることができ、流速の算定については、津波伝播及び遡上解析によって、衝突エネルギーが大きくなる最大浸水深、最大流速から設定されていることを確認する。
・漂流物の流速については、既往の研究から浸水深が大きくなるほど最大流速が大きくなることが示されている。流速の設定においては、津波伝播及び遡上解析等によって、科学的合理性をもって流速が安全側となるよう浸水深が設定されていることを確認する。

②地震荷重等

a)入力津波以外の荷重として、地震（余震）や降雪、風、高潮、台風、豪雨等の自然現象に起因する外的事象等の各種基準類に示されている荷重類が考慮されていることを確認する。

b)周辺地盤で液状化の発生が想定される場合、側方流動の影響について検討されていることを確認する。

c)地震荷重（基準地震動による荷重、余震による荷重）については、「耐震設計に係る工認審査ガイド」の「6.津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備に関する事項」に準じて検討されていることを確認する。なお、作用荷重は、対象施設の構造形式に応じて検討されていることを確認する。

4.4　許容限界

【審査における確認事項】

(1)津波荷重に対する施設の構造健全性、安定性、止水性や水密性等について設計上、適切と認められる規格及び基準等に基づく許容限界を設定していること。

【確認内容】

a)津波に対する適当な規格及び基準等が無い場合、耐震設計に係る規格及び基準等を参考に、照査する性能に応じた適切な許容限界であることを確認する。また、地震に対する評価と同様の許容限界が適用できる場合には耐震設計に係る規格及び基準等を準用していることを確認する。

b)盛土による防潮堤や河川堤防等の盛土・地山斜面については、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に準じ、周辺斜面の