

# 島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止

## 論点 6「漂流物の影響評価の妥当性」

---

### (コメント回答)

令和2年9月  
中国電力株式会社

# 審査会合における指摘事項

## ■ 指摘事項（令和2年7月14日 第876回審査会合）

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
110	R2.7.14	燃料等輸送船を漂流させないために係船柱及び係船環を漂流防止装置として位置付けて設計する方針について、漂流防止装置を構成する施設護岸岩着部のアンカーとしての要求機能及び評価方針を説明すること。また、燃料等輸送船を2基の係船柱又は係船環で漂流防止する係留評価について、係留索を2本とした場合の位置、仰角等を含めて、設計条件と評価が整合するように資料化して説明すること。また、係船柱のB1等を漂流防止装置としない根拠を説明すること。	P.2～8
111	R2.7.14	荷揚場作業中の地震による被害想定を踏まえた車両及び資機材の漂流物評価について、退避までの期間（10日間程度）における速やかな退避又は漂流物化を防止する現実的な対応策を検討し、説明すること。	P.9

# 指摘事項に対する回答【No. 1 1 0】

## ■ 指摘事項（第876回会合 令和2年7月14日）

### 【No. 1 1 0】

- 燃料等輸送船を漂流させないために係船柱及び係船環を漂流防止装置として位置付けて設計する方針について、漂流防止装置を構成する施設護岸岩着部のアンカーとしての要求機能及び評価方針を説明すること。また、燃料等輸送船を2基の係船柱又は係船環で漂流防止する係留評価について、係留索を2本とした場合の位置、仰角等を含めて、設計条件と評価が整合するように資料化して説明すること。また、係船柱のB1等を漂流防止装置としない根拠を説明すること。

## ■ 回答

- 係船柱及び係船環の基礎（アンカー）となる荷揚護岸の要求機能は、係船柱及び係船環と同様に係留機能となることから、照査項目を残留変形量とし、許容限界を許容残留変形量以下として照査することを説明。（P.3～5）
- 燃料等輸送船を2基の係船柱又は係船環（船首側の流圧力と船尾側の流圧力に対し、それぞれ1基ずつ）及び2本の係留索で漂流防止する対応について、燃料等輸送船の位置及び係留索の水平角を固定するため、船首側及び船尾側に各2本ずつ（計4本）係留索を使用するよう見直した。見直しに伴い、係船柱を2本追設するが、追設する係船柱は設計中であり、位置や構造については、詳細設計段階で説明する。（P.6～8）

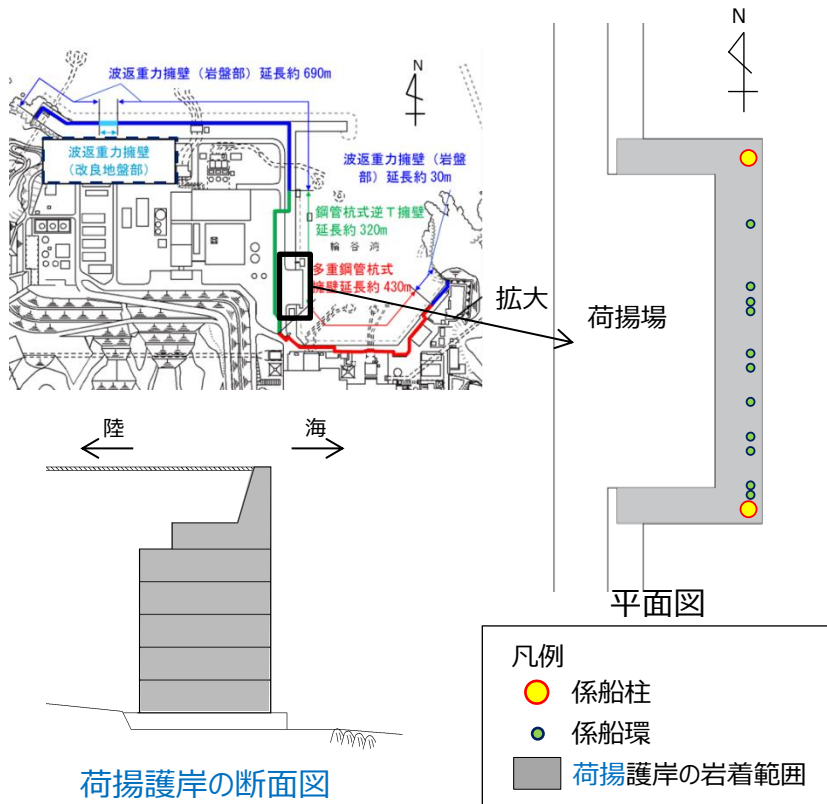
## 燃料等輸送船の漂流防止に係る設備の必要性及び位置付け

- 係留索が機能せずに燃料等輸送船が漂流した場合は、取水口に到達する可能性が否定できないことから、耐津波設計において係留索を固定する係船柱、係船環及び係船柱と係船環の基礎（アンカー）となる荷揚護岸を漂流防止装置と位置付け設計する（取水口への到達の可能性については、P.5参照）。なお、追設する係船柱は設計中であり、位置や構造については、詳細設計段階で説明する。

### 【規制基準における要求事項等】

- 津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性について検討すること。上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合は、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止装置または津波防護施設、浸水防止設備への影響防止措置を施すこと。

- 係船柱及び係船環の配置、構造概要、及び仕様を以下に示す。



名称	係船柱	係船環
構造	単位：mm 陸 ← → 海 係船柱 585 荷揚護岸 1,200 アンカーボルト	単位：mm 陸 ← → 海 係船環 150 荷揚護岸 800
基数	2基	11基
設計けん引耐力	25t	

## 燃料等輸送船の漂流防止に係る設備の評価方針

- ▶ 漂流防止装置とする係船柱，係船環及び荷揚護岸は，海域活断層に想定される地震による津波の流れにより作用する燃料等輸送船の係留力に対して，係留機能を損なうおそれのないよう，構造強度を有することを確認する。また，基準地震動  $S_s$  に対して，係留機能を損なうおそれのないよう，構造強度を有することを確認する。
- ▶ 係船柱，係船環及び荷揚護岸の要求機能及び評価方針を以下に示す。

装置名	係船柱			係船環		荷揚護岸	
要求機能	係留機能						
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動 <math>S_s</math> に対し，漂流防止装置に要求される機能を損なうおそれのないよう，構造強度を有すること。</li> <li>・海域活断層に想定される地震による津波の流れにより作用する燃料等輸送船の引張荷重（係留力）に対し，漂流防止装置に要求される機能を損なうおそれのないよう，構造強度を有すること。</li> </ul>						
評価方針	性能目標	・終局状態に至らないこと。				・係留機能を喪失する変形に至らないこと。	
	照査部位	・係船柱本体	・アンカーボルト	・アンカーボルト 定着部	・係船環本体	・係船環定着部	・荷揚護岸
	照査項目	曲げ及びせん断破壊	曲げ破壊 せん断破壊	せん断破壊	曲げ破壊 せん断破壊	せん断破壊	残留変形量
	許容限界	・短期許容応力度				・許容残留変形量	
	留意事項	・燃料等輸送船の浸水深に応じた浮力，燃料等輸送船の形状及び津波の速度に応じた波圧を荷重として考慮する。					
	荷重組合せ	<p>係船柱及び係船環の設計においては，常時荷重，地震荷重及び係留力を適切に組合せて設計を行う。なお，海域活断層から想定される地震による津波は荷揚場に遡上しないことから，津波荷重は考慮しない。</p> <p>荷揚護岸の設計においては，海域活断層に想定される地震による津波が到達する。したがって，津波荷重を考慮する必要があるが，安定性の観点では津波荷重と漂流物衝突荷重は係留力と逆方向に作用するため，考慮しない設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・常時荷重 + 地震荷重</li> <li>・常時荷重 + 係留力 + 余震荷重</li> </ul>					

## 【別紙】燃料等輸送船の取水口への到達可能性について

➤ 係留索が機能せずに燃料等輸送船が漂流した場合の取水口への到達可能性については以下のとおり。

- 島根原子力発電所に襲来が想定される津波のうち、時間的な余裕がなく、燃料等輸送船の緊急退避ができない可能性がある海域活断層に想定される地震による津波（基準津波4）が襲来した場合を想定する。
- 基準津波4の取水口における最低水位EL-4.3mに対して、喫水高さは3m～5mであり、取水口（上端高さ：EL-9.0m）に到達する可能性が否定できない。

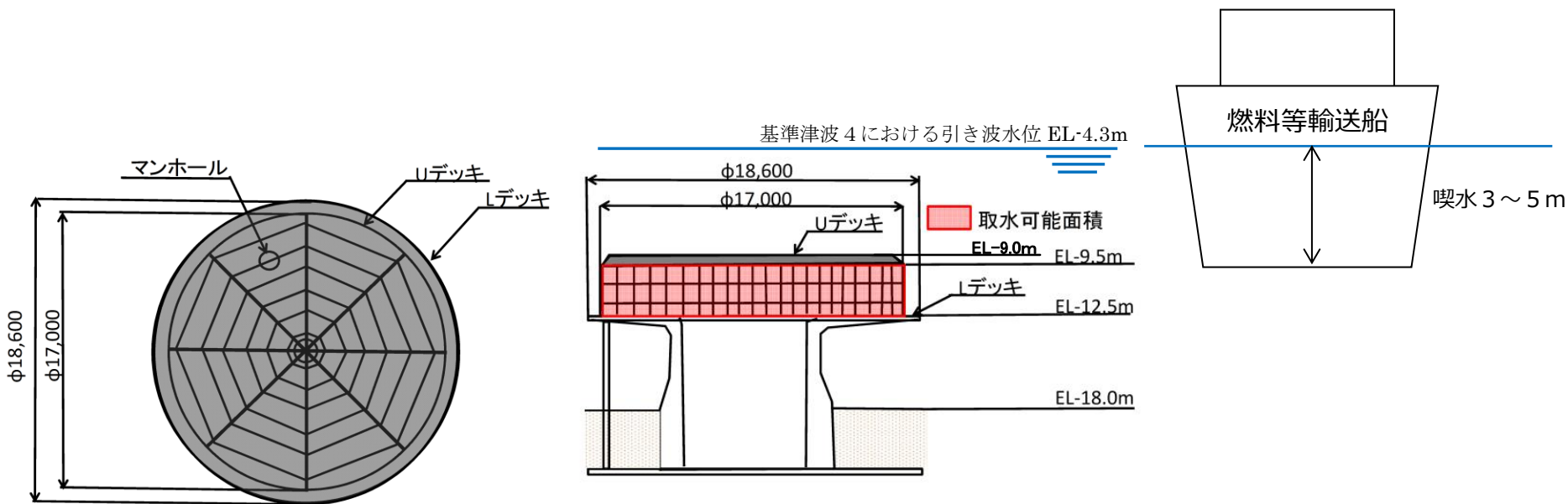
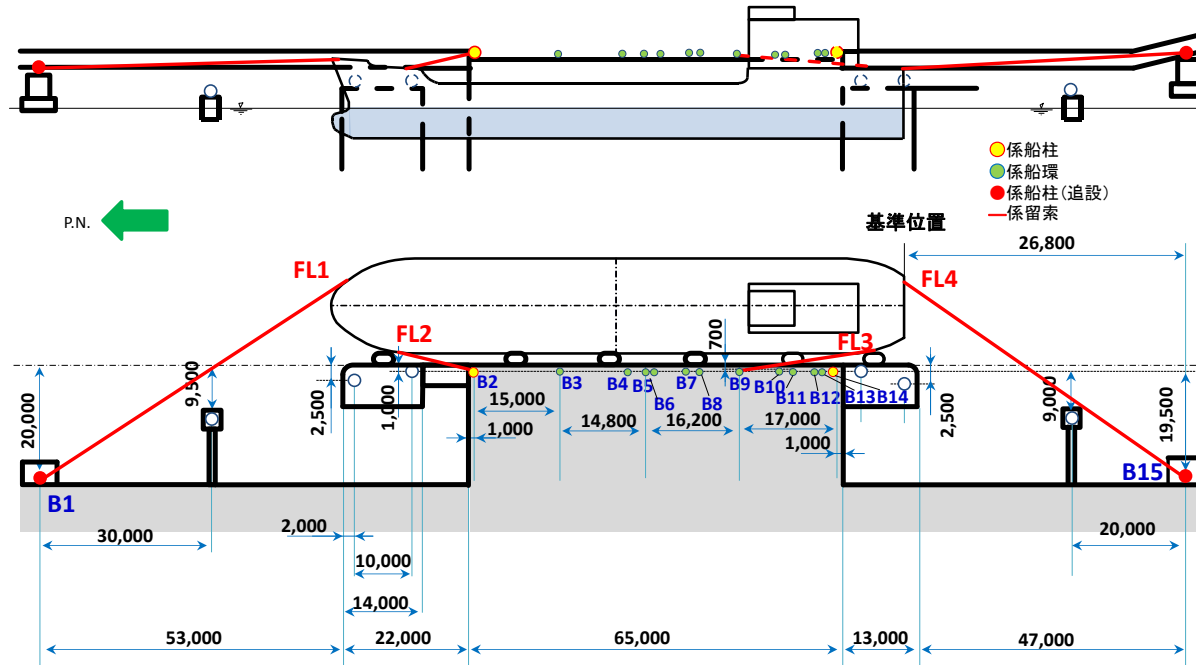


図 取水口呑口断面図と燃料等輸送船喫水高さの関係

# 指摘事項に対する回答【No.110】

## 係留索を2本とした場合の燃料等輸送船の配置及び係留力の計算結果

- 燃料等輸送船の位置及び係留索の水平角を固定するため、船首側及び船尾側に各2本ずつ（計4本）係留索を使用した場合の燃料等輸送船、係留索、係船柱及び係船環の配置及び係留力の計算結果を以下に示す。なお、追設する係船柱(B1, B15)は設計中であり、位置・構造については変更する可能性がある。



燃料等輸送船、係留索、係船柱及び係船環の配置

係留力の計算結果

フェアリーダ	索種類	係船柱	係留索長さ[m]		係留角[deg]		索張力 T [tonf]	係留力 [tonf]	Bitt Performance[tonf]		
			船外		$\theta$	$\beta$			Bitt Load	合計	係船柱強度
FL1	Line1	B1	65.2		3.2	32.3	20.0	6.2	20.0	20.0	25.0
FL2	Line2	B2	13.1		4.8	-14.5	20.0	19.3	20.0	20.0	25.0
FL3	Line3	B9	21.6		2.4	8.9	20.0	19.7	20.0	20.0	25.0
FL4	Line4	B15	59.5		0.9	-34.9	20.0	4.2	20.0	20.0	25.0
								船尾方向係留力			
								25.9			
								船首方向係留力			
								23.5			

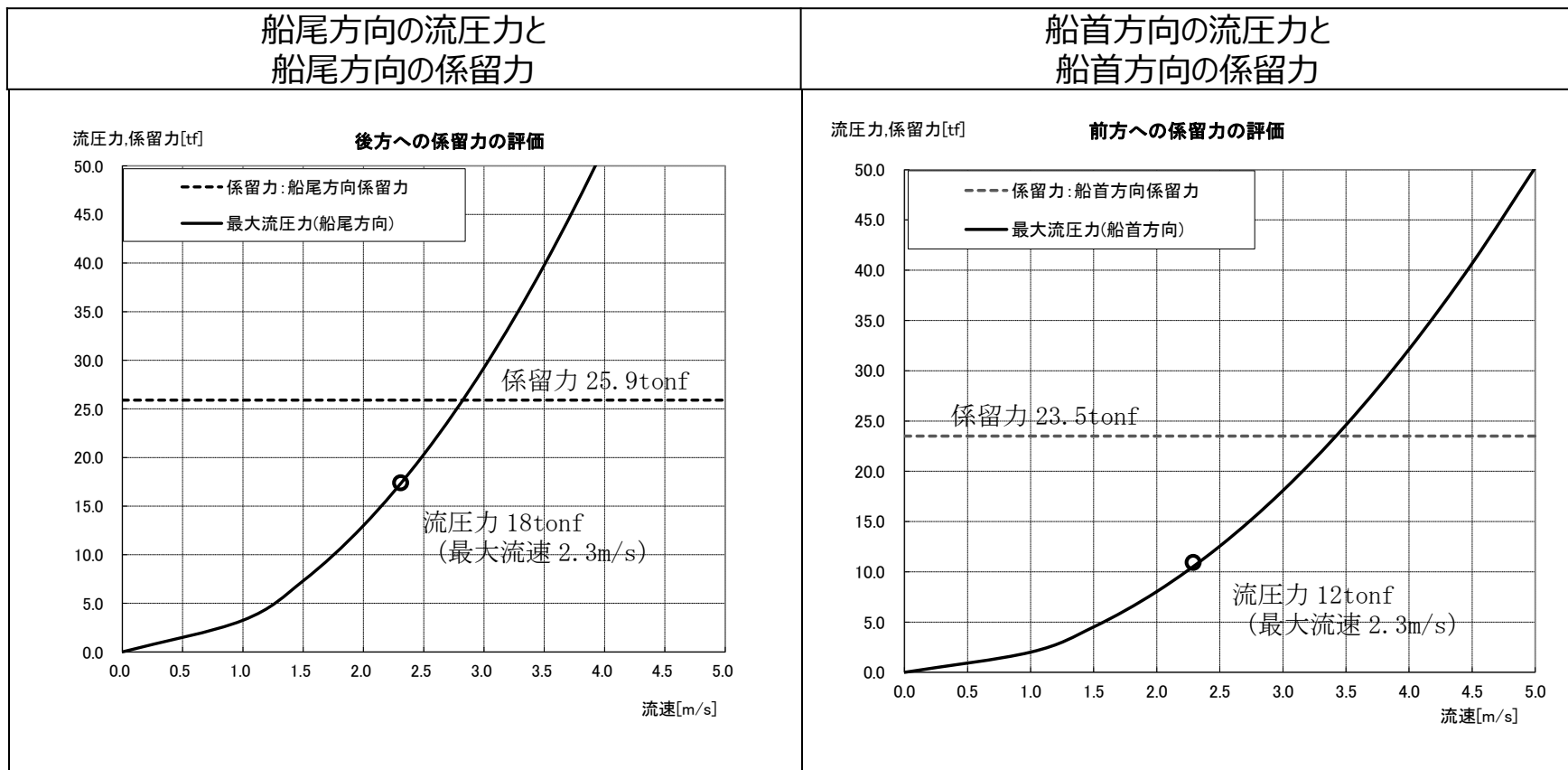
# 指摘事項に対する回答【No.110】

## 評価結果及びまとめ

津波による流圧力と船首側及び船尾側の係留索の係留力の関係を図に示す。

船首側及び船尾側の係留索各1本で評価した場合は、津波（最大流速2.3m/s）による流圧力に対し、係留力（約25.9tonf、約23.5tonf）が上回ることを確認した。

なお、追設する係船柱の位置によっては、係留索の長さ及び角度が変わることから、係留力は変化するが、追設する係船柱の位置は、その位置における係留索の長さ及び角度を考慮しても、津波による流圧力に対して係留力が上回るように設計する。



流圧力と係留力の比較



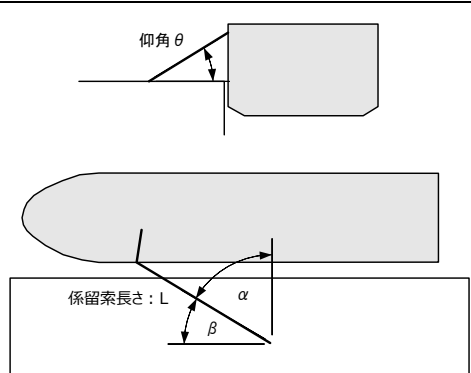
# 指摘事項に対する回答【No.110】

## (参考) 係留力及び流圧力の計算方法

### 係留力の計算方法

【各索の係留力計算式】

$$R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \beta \times \cos^2 \theta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \beta_c \times \cos \theta_c} \right)$$



$R_x$  : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f, 後報は添字 a)

$T$  : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf]

$\beta$  : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]

$\theta$  : 係留索の仰角 [deg]

$L$  : 係留索の長さ (船外+船内) [m]

$\beta_c$  : 各グループ\*で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]

$\theta_c$  : 各グループ\*で最も負荷の大きい係留索の仰角 (岸壁平行線となす角度) [deg]

$L_c$  : 各グループ\*で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外+船内) [m]

※係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

### 流圧力の計算方法

【流圧力計算式】

$$F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$$

$F_{xc}$  : 縦方向流圧力 [kgf]

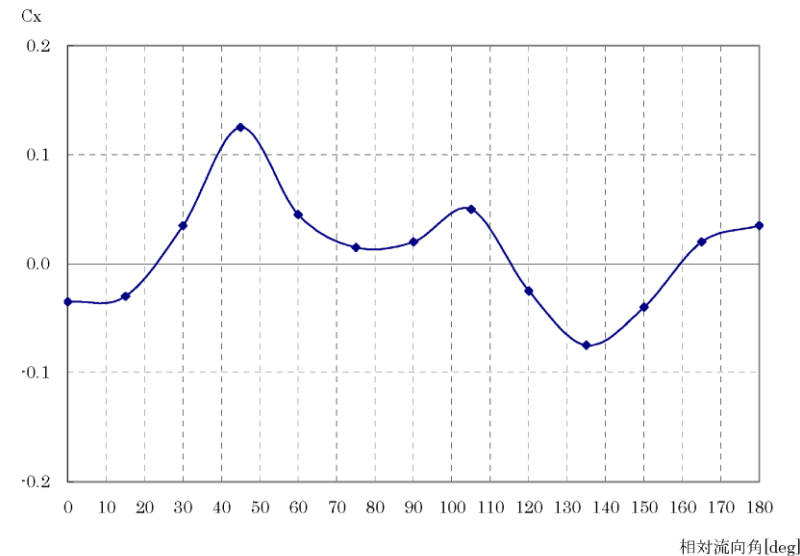
$C_{xc}$  : 縦方向流圧力計数

$V_c$  : 流速 [m/s]

$L_{pp}$  : 垂線間直 [m]

$d$  : 喫水 [m]

$\rho_c$  : 水密度 [ $\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ ]  
( $=104.5 \text{ sec}^2/\text{m}^4$ )



縦方向流圧力係数[Cx]

# 指摘事項に対する回答【No. 1 1 1】

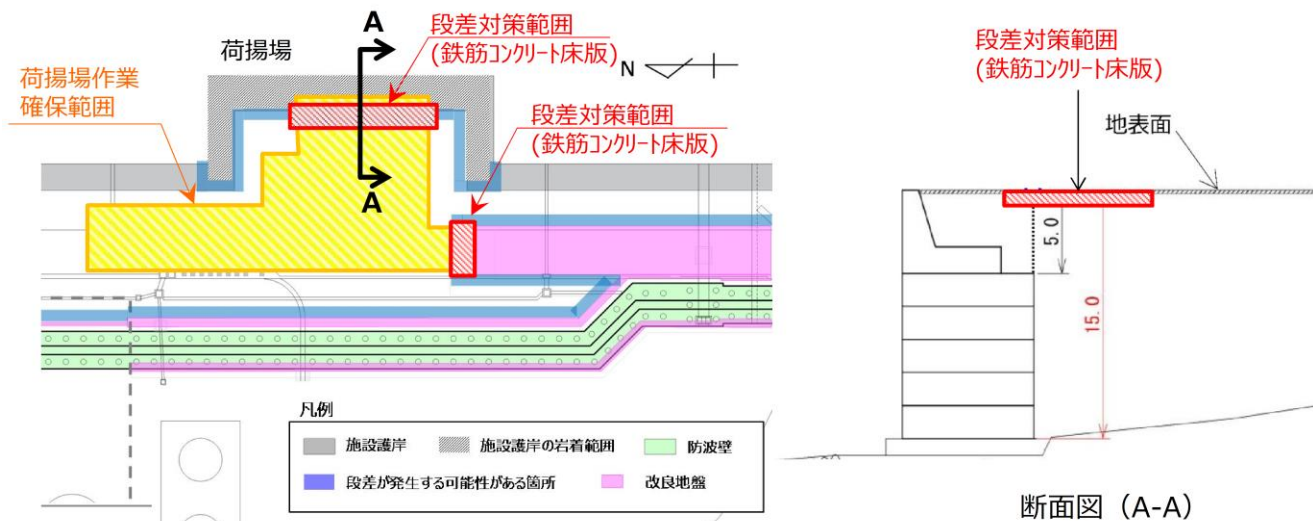
## ■ 指摘事項（第876回会合 令和2年7月14日）

### 【No. 1 1 1】

- 荷揚場作業中の地震による被害想定を踏まえた車両及び資機材の漂流物評価について、退避までの期間（10日間程度）における速やかな退避又は漂流物化を防止する現実的な対応策を検討し、説明すること。

## ■ 回答

- 荷揚場作業中の地震による被害想定を踏まえた車両及び資機材の漂流物評価について、退避までの期間（10日間程度）における速やかな退避を実施するため、更なる対策として、地震による段差が生じないように荷揚場作業エリア及び退避ルートに鉄筋コンクリート床版による対策を講じる。



鉄筋コンクリート床版による段差対策範囲