



## 簡易浮体におけるフェイルセーフ思想

五島振興局 建設部 河港課

◎ 平松 高志

○ 中倉 浩之

### 1. はじめに

F R P製簡易浮体は、潮位差の影響を受けず、円滑な漁業活動ができる施設であり、これまで多くの施設が県内の港に設置されている。しかしながら、簡易浮体は、潮位の影響で可動する係留部に異物等が接触すると破損しやすい構造であり、先般、五島地区では、放置された角材（写真-1）により浮体が破損し、多大な被害を受けている。

今後、このような被害が起きないようにするため、事故が起きたとしても被害を最小限に抑えるフェイルセーフ思想を用いた対策方針を策定した。

\*フェイルセーフとは、故障または人為的に誤った取り扱いをした時でも、結果として安全側に働くように設計するという考え方。



写真-1：放置された角材が事故原因

### 2. 背景

#### 2-1 概要（H29.5.28 荒川漁港事故）

荒川漁港で簡易浮体が傾いているとの通報があり、現場に急行したところ、ガイドレール取付箇所のコンクリート受台に角材が挟まっており（写真-2）、陸側の浮体が上昇できず、浮体が45度に傾き（写真-3）、ローラー部や側壁、階段が破損していた。また、浮体は連結材で固定されていたことから、浮体4函（L=60m）全てに被害が及んでいた。その後、潮が引いた段階で、角材を撤去したところ、浮体は元の位置に戻ったが、簡易浮体に大きな被害が生じた。

事故原因としては、ローラー可動部に角材が挟まり、潮位上昇に伴い、浮体が上昇できずに、ローラー部を中心に異常な負荷がかかり、破損したものと考えられる。（図-1）



写真-2：事故当時の角材が挟まった状況

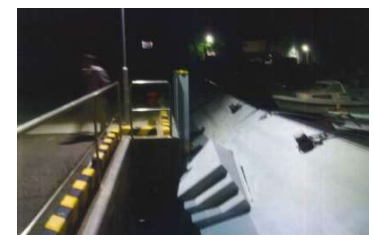


写真-3：浮体が傾き、バキバキと異音が響く

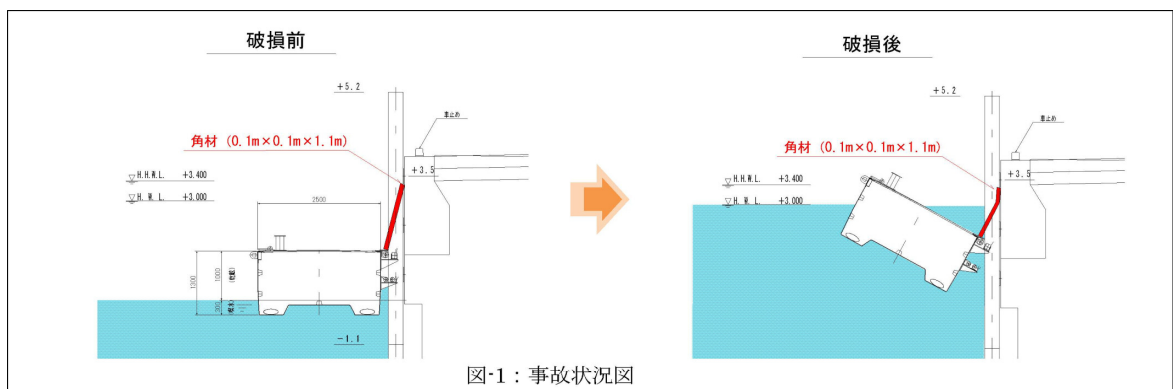


図-1：事故状況図

## 2-2 被害状況

被害状況としては、下記の被害が確認された。

- ① SUS製ローラー架台の大半が変形し、架台は再利用不可のため、交換が必要。(写真-4)
- ② ローラー架台部の側壁が剥れ落ち、FRP側壁の補修が必要。(写真-5)
- ③ 岸壁との接触により階段部も破損。
- ④ 連結部箇所も負荷に耐えられず、破損。
- ⑤ 簡易浮体の破損調査、吊上げ費(写真-6)、再設置費等。

なお、浮体間は連結ジョイントにより繋がっていたことから、(図-2)角材が詰まった箇所の1函だけでなく4函全て破損する状況となり、補修費用は総額1,500万円と多額の被害が生じた。



写真-4: ローラー架台損傷状況



写真-5: 浮体本体損傷状況



写真-6: 破損した浮体の吊上げ状況

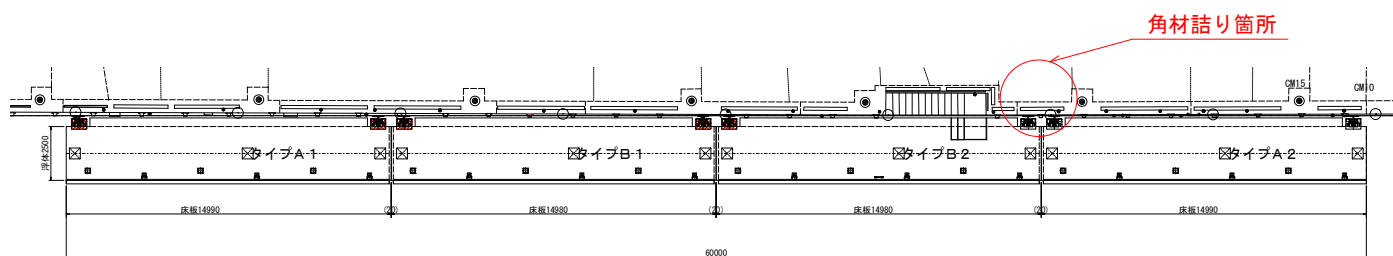


図-2: 簡易浮体の平面図

## 2-3 問題点

浮棧橋は、従前、チェーンで係留されていたが、この方式は、波風による移動量が大きかったことから、動揺を低減出来る杭式が多く設置されてきた。その後、漁船などの外力が小さい場合に対応した安価なFRP製簡易浮体(写真-7)が開発された。



写真-7: FRP製簡易浮体

FRP製の簡易浮体は、対候性に優れた樹脂を用いており、安価でメンテナンスも容易などのメリットがあり、県内の漁港(県整備延長3.7km)に多く採用されている。

一方、簡易浮体は、想定する波浪等の外力が比較的小さい所に設置する施設であるため、コンクリート製の構造物と比較すると軟弱な構造と言わざるを得ない。

このようなことから、想定内の外力であれば耐えられるが、想定外の外力が生じた場合は、弱い箇所から順次破壊される事が今回の事故を通して再確認できる。

これまでの設計思想では、想定する外力に対して、耐えられる構造となるように設計するものである。今回のように想定外の外力が生じて、破壊された後の事は検討されておらず、新たな設計思想を加える必要があると指摘する。

### 3. 問題解決への取り組み

#### 3-1 考え方

想定以上の外力がかかった場合でも致命的なダメージを受けないように安全装置的な検討（フェイルセーフ思想）を行なっていれば、大きな被害を回避できたと考えられるため、このような問題を解決する手法を検討する必要がある。検討にあたっては、自然現象（台風、高潮）、係留ロープ、漁具の散乱、漂着物、釣り人、老朽化による破損などの事故が想定されるため、様々な可能性を視野に入れ、ハード面・ソフト面の両面からアプローチを行なった。（図-3）

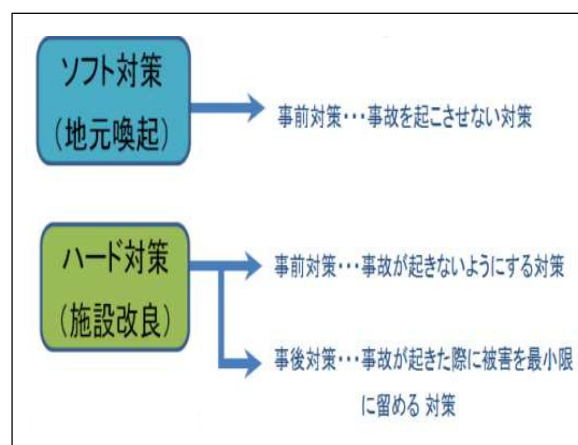


図-3：対策案の分類

#### 3-2 進め方

対策の内容については、早急に対策を講じる必要があることから、ざっくばらんに議論が出来るメンバー（簡易浮体の知識が豊富な設計コンサル、施工業者、職員等）を集め、対策会議を開催し内容を検証した。（写真-8）



写真-8：対策会議の実施状況

### 4. 対策

#### 4-1 対策方針

対策案については、様々な手法があるが、効果発現が早期に期待できるものとし、下記のように整理した。

ソフト対策（事前対策）・・・A：地元説明会の実施、B：注意喚起看板設置、C：点検体制強化  
ハード対策（事前対策）・・・D：異物混入防止対策、E：設計思想の見直し  
ハード対策（事後対策）・・・F：浮体の連結材改良、G：浮体のローラー架台部改良、H：浮体を浸水式に改良

#### 4-2 ソフト対策（事前対策）

地元を巻き込んだソフト対策が最も効果が高い。このため、すぐに実践できるものとして、下記の内容を実施することを提案する。

##### 【A：地元説明会の実施】

- ・簡易浮体設置後は、地元説明会を必ず行い、禁止事項や事故事例などを利用者に説明する。（写真-9）



写真-9：地元説明会開催状況

【B：注意喚起看板設置】

- ・簡易浮体利用者が見やすい場所に、利用についての禁止事項、安全な利用がなされていない場合の通報先、発生しやすい事故事例を記載した注意喚起看板を設置する。(写真-10)



写真-10：注意喚起看板設置状況

【C：点検体制強化】

- ・職員は、日常点検の際に適正な利用がなされていない場合(写真-11)は、地元漁協に指導を行う。また、地元漁業者でも点検できるチェックシートを配布し、地元との連携強化を図る。(図-3)



写真-11：散乱した漁具の状況

漁業名	点検年度	浮体名		点検者	点検年月日(日/月)	備考
		1	2			
施設全体	適正に利用されているか 周辺に漁具等がないか					
浮体本体	損傷、クラック、割れがないか					
	浮体が出ていないか 異音が出ていないか 道具が脱落していないか					
ローラー部	ローラーの損傷が軽い 異音が出ていないか					
	ローラー架台の損傷が軽い ロープ等の影響がないか					
附属物	防犯材の損傷が軽い 係留柱、係留環の損傷が軽い					
	階段部の損傷が軽い ガイドレールボルトは健全か 連結材の損傷が軽い					
その他	連絡線の損傷が軽い 接合部の損傷が軽い					
	その他、危険な箇所は軽い					

\*不具合所については、管理者に報告をお願いします。

図-3：今回作成した地元用チェックリスト

4-2 ハード対策(事前対策)

事前対策では、事故が起きないようにすることを目指し検討を行なった結果、下記のD、Eの対策を提案する。

【D：異物混入防止対策】

- ・今回の事故は、異物混入が原因であるため、下記の対策①、②を設計時に考慮する。
- ① ガイドレール取付部に異物等が引っ掛かることがないように無収縮モルタルの隙間や係留ローラー付近をカバーする鋼板プレートの設置を検討する。(図-4)
- ② 浮体側面部や浮体間の隙間より、異物が侵入しないようにネットを設置する。(写真-12)

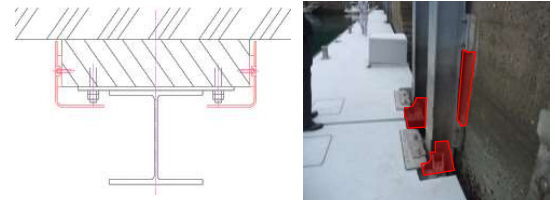


図-4：カバー設置イメージ



写真-12：異物混入防止ネットを設置

【E：設計思想の見直し】

- ・これまでの浮体に関する設計は、係留装置が不可動となった場合を考慮していないことや、浮体が50cm沈んだ前提でしか安定計算を行っておらず、今回の事故のように想定外の荷重がかかった場合に対応出来ていない。(図-5)
- このため、浮体に関する検討は、係留装置の効果を考慮し、側壁のローラー取付箇所に補強を行う。

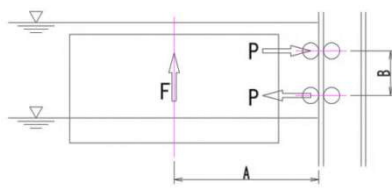


図-5：浮体にかかる荷重イメージ

・浮体全体が水没した場合の浮力を考慮すれば、ローラー部に非常に大きな力が加わる。その際に最初に弱い部分から破損していくため、補修が容易な部分から破損していくようにコントロールする。

#### 4-3 ハード対策（事後対策）

事後対策では、事故が起きた際に被害を最小限に留めることを目指し検討（フェイルセーフ思想）を行なった結果、下記のC、D、Eの対策を提案する。

##### 【F：浮体の連結材改良】

今回のように、連結材が強固（図-6）であることから、浮体全体が引き込まれて被害が増えることを防ぐために、連結材の改良を検討した。連結材は、波による浮体間の段差をなくすために必要なものであるが、異常時に分離するには、常時と異常時の境をどのように設定するかを決める必要がある。切断する力の判定が難しいところであるが、異常気象時に耐えられる構造とし、ある一定の荷重（浮体が持ち上がる荷重）がかかれば分離する構造とすることで、安全装置の働きが期待できる。（図-7）

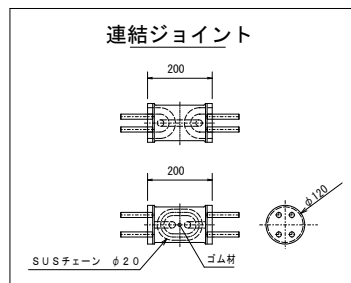


図-6：既設の連結ジョイント図

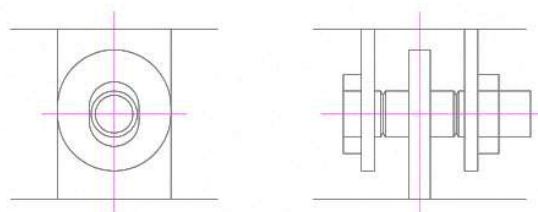


図-7：一定以上の荷重でボルトが分離する構造

##### 【G：浮体のローラー架台部改良】

今回の事故で、本体FRPが剥がれ落ち、ローラー部が変形し、補修に多額の費用がかかることとなった。ローラー取付架台が一定以上の荷重で分離する構造（図-8）であれば、異常な荷重がかかった場合でも、本体及び架台に損傷が無く済む構造となるよう工夫する。

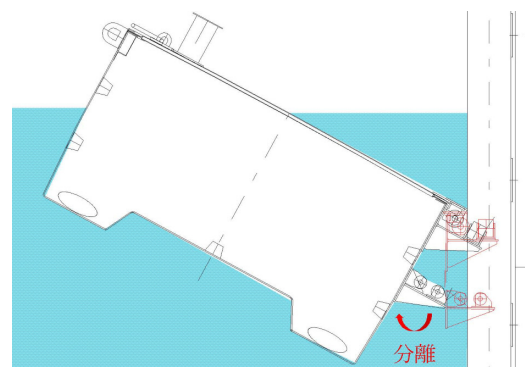


図-8：分離式の取付架台イメージ

##### 【H：浮体を浸水式に改良】

異物等が詰り係留部の可動が阻害された場合、浮体の上昇できなくなり、多大な浮力により、係留装置と浮体側壁に異常荷重がかかる。浮体に一定以上の水圧が生じれば脱落するカバー（図-9）を設置することで、その際にかかる浮力を軽減し、浮体側壁部や係留装置の損傷防止に効果が期待できる。

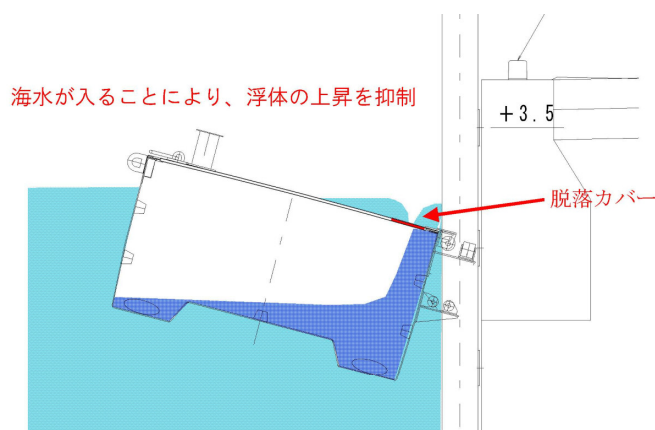


図-9：浸水式の浮体イメージ

## 5. フェイルセーフ思想による効果

- ハード対策（事後対策）F～Hについて、フェイルセーフ思想を組み込んだ対策による効果を検証した結果、対策を複合的に行うことで、下記（図-10）のとおり、1,500万円の被害が100万円程度（ポンプアップやボルト取替等）となり、補修も容易になることから、被害を最小限に留めることができる。なお、事前対策を併せて実施することで、発生頻度も大きく減少させることが可能となる。

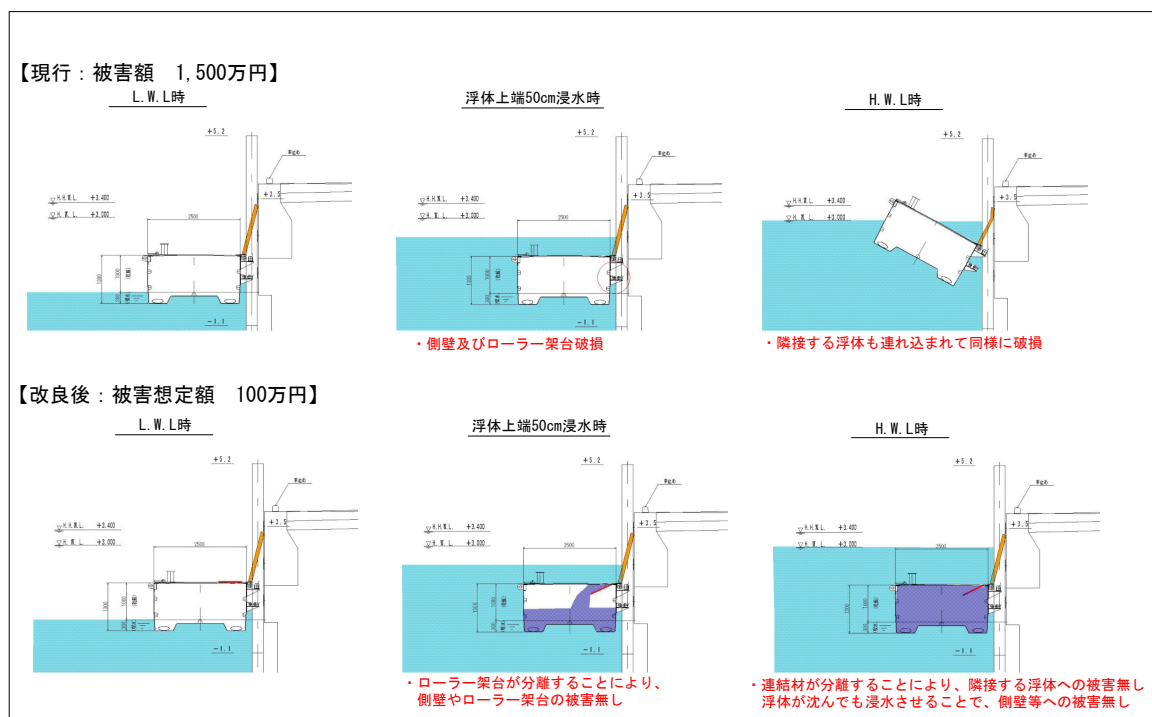


図-10：対策内容検証図

今回の対策は、設計時に考慮すると低コストで対応できるが、既設簡易浮体においては、発生事例も低いことから、費用対効果を検証しながら、維持補修時の部材交換時期に可能な限り対応を進めていく事を併せて提案したい。

新設する場合の増加費用(60m当り)			既設を改良する場合の改良費用(60m当り)		
	概算費用	備考		概算費用	備考
連結材改良費用	±0	製品仕様変更のため、増額無し	連結材改良費用	+600千円	1箇所当り200千円×3箇所
浮体のローラー架台部補強	+800千円	m2当り50千円×2m2×8箇所	浮体のローラー架台部補強	+1,600千円	m2当り100千円×2m2×8箇所(現地作業)
ローラー架台部改良	+200千円	1箇所当り25千円×8箇所	ローラー架台部改良	+200千円	1箇所当り25千円×8箇所
浸水式改良費用	±0	管理用出入口の仕様変更のため、増額無し	浸水式改良費用	+800千円	1箇所当り200千円×4箇所
			諸雑費	+300千円	
				+3,500千円	

\* 初期整備費用：60,000千円(実績よりm当り10,000千円)

図-11：対策内容の概算費用

## 9. おわりに

簡易浮体は数多く設置されているが、今回のような大きな被害が生じた事故は初めてである。想定外の外力が加わった時に物は壊れることになるが、想定外を想定することで、被害を最小限に留めることが可能となるため、この事故を教訓に今後の整備や維持管理に役立てていきたい。