

耐用年数を超過した浮体施設の余寿命予測診断

○岩松 裕二¹

¹独立行政法人水資源機構 琵琶湖開発総合管理所 機械課 (〒520-0243 滋賀県大津市堅田 2-1-10)

琵琶湖開発総合管理所（以下「琵琶湖総管」という。）が管理している安曇川沖総合自動観測所（以下「安曇川沖観測所」）は、現在で 25 年が経過した浮体構造物である。メーカー推奨設計耐用年数を超過した状態であることから現状における劣化状況の把握を行う必要があった。

そこで、定量的な劣化状況を把握し、余寿命予測診断を行った。

本論文は、余寿命予測を推定するに至った調査・計測内容およびその結果と診断内容を報告するものである。

キーワード：浮体構造、余寿命予測診断、準拠基準、健全度評価

1. はじめに

琵琶湖総管では、琵琶湖北湖に安曇川沖観測所を琵琶湖南湖に雄琴沖総合自動観測所を設置し、水質、気象および水理データを定期的に自動観測している。

安曇川沖観測所は、1992年3月に設置され2017年3月現在25年が経過している。安曇川沖観測所は、メーカーが推奨している設計耐用年数の20年を超過している状態であることから現状における健全度を把握するとともに余寿命予測診断を行うものとした。調査は水中部を含む劣化状況調査を実施し、調査データを分析・評価して、健全度の整理、課題抽出、余寿命予測診断を行った。

本稿は、耐用年数を超過した浮体施設である安曇川沖観測所について報告するものである。

安曇川沖観測所は、図-1に示すように北湖中央部に位置し、水質自動測定装置、水質採水分析装置、気象観測装置、太陽電池、自家発電設備および無停電電源装置の電源設備を備えた施設となっており、施設の構造は、浮体部、係留索部、シンカー部より構成されている。型式は、一点緊張係留ブイ方式を採用しており水資源機構では唯一の施設となっている。浮体は普通鋼を使用した鋼殻構造で、気密構造による浮力と、浮体下部に設置されたバラスト水とのバランスによって、湖上で自立している。外力による移動防止のためにシンカーを設け、浮体部とシンカー部は係留索で連結された構造となっている。

安曇川沖観測所の諸元を表-1に示す。

2. 施設概要



表-1 安曇川沖観測所諸元

名称	安曇川沖総合自動観測所	
完成年月	平成4年3月	
設置場所	琵琶湖北湖(安曇川～彦根中央部) 北緯 35° 18' 29" 東経 136° 08' 51"	
型式	1点緊張係留方式鋼製円筒ブイ(材質SS400)	
係留方式	アンカーチェーン(鋼製型枠コンクリート)	
水深	68m(B. S. L. ±0.00m)	
形式	本体	鋼製円筒形
	係留索	アンカーチェーン方式
	シンカー	鋼製型枠コンクリート製
形状寸法	全高	19.5m
	径	φ2.5m×6.0m
塗装仕様	大気部	エポキシ樹脂+ポリウレタン樹脂 設計塗膜厚285μm
	接水部	タールエポキシ樹脂 設計塗膜厚1,000μm

図-1 安曇川沖観測所位置図

3. 準拠基準

現地計測調査をするにあたり、健全度評価の基本的な考え方は「機械設備管理指針」(平成28年3月:水資源機構)によるものとした。一方で、上記指針には浮体構造物に対する維持管理方法は明示されていないことから調査にあたっては港湾関係の技術基準である「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」(平成26年8月:財団法人 沿岸技術研究センター)、「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」(平成19年10月:財団法人 沿岸技術研究センター)に準拠することとした。

4. 計測項目、計測目的・方法の選定

表-2 計測項目、計測目的・方法

計測項目	計測目的	計測方法
基準線設定	円筒形の施設形状に対して計測場所特定のため、基準線(四方向)設定	-
移動量、沈下量計測	当初設置位置からの移動量、施設全体の沈下状態計測	移動量はGPSによる計測、沈下量は水面位置の計測
水深計測	当該地点の水深を計測し、施設沈下の有無確認	水中探査装置(以下「ROV」という。)の水深計測機能による計測および船舶に設置している水深計での計測
鋼材腐食、亀裂、損傷点検	浮体鋼殻部の表面状況および物理的な劣化状況調査、点検	気中部、水中部共に目視による調査、劣化位置特定は基準線からの位置計測
鋼材肉厚計測	浮体鋼殻部鋼材の肉厚計測を実施し、減肉量、腐食速度の計測、把握	気中部、水中部共に超音波厚さ計による計測
塗膜厚計測	浮体鋼殻部表面保護塗膜の塗膜厚計測	気中部、水中部共に電磁膜厚計による計測
塗装点検	浮体鋼殻部表面保護塗膜の劣化状況調査	気中部、水中部共に目視による調査、劣化位置特定は基準線からの位置計測
ユニバーサルジョイント計測	浮体と係留索との連結部に設けられたユニバーサルジョイント摺動部品の減耗量計測	ノギスや隙間ゲージを使用して計測、環境が水中であり形状が特殊であるため、形状に応じた計測器具の製作

係留索点検	係留索連結部の摺動部の減耗量計測	ノギス状の計測用道具を製作して寸法を写し計測(一定区間のみ計測。それ以外はROVIによる目視確認)
シンカー点検	シンカー一部の腐食や劣化状況把握、ROVIによる目視点検	ROVIによる目視確認
湖底地盤調査	シンカー一部周辺の湖底状況の変状把握、ROVIによる目視点検	ROVIによる目視確認
バラスト水調査	施設を撤去する際に必要なバラスト水水質分析(水質環境基準)	バラスト水の水質分析(健康28項目、生活環境15項目)

5. 計測結果

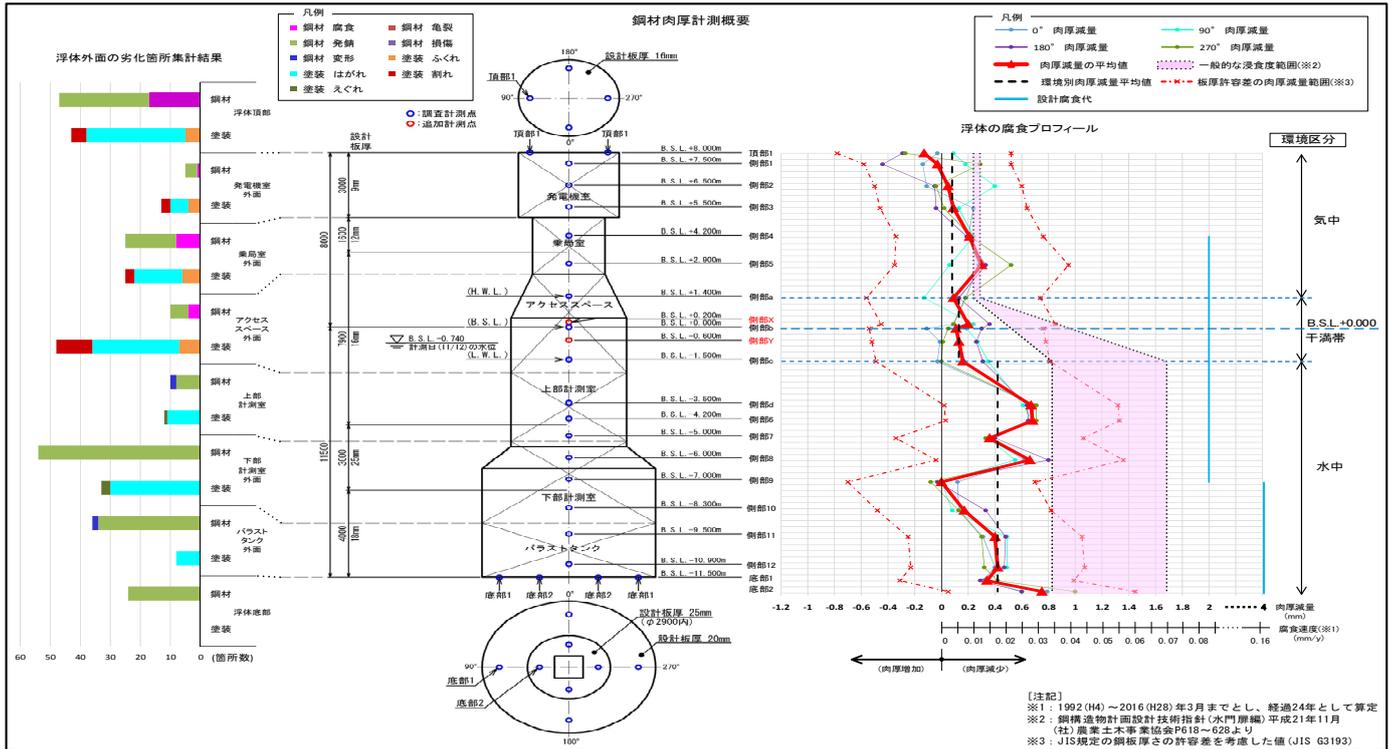


図-2 腐食プロフィール図

計測結果は、技術基準により集計を行った。施設の劣化状況や減肉状況は、図-2に示すように図とグラフにて一元的に表現することで、施設全体の劣化状況を一目で判読できるものとした。

本図では、中央に施設構造を、右に部位毎の減肉量グラフ、左に劣化程度および劣化箇所数をグラフで示している。

計測結果および点検結果を要約すると以下のとおりとなる。

- ① 施設の移動量は、設置当初より北東へ5.3mで浮体揺動の範囲内であることを確認した。浮体部の沈下量は189mmで、設置当時と比較し、浮体内部に設置した電気設備類の重量増によるものと判断され、漏水や損傷による異常な沈下は見られなかった。

- ② 水深は、設置当初よりも0.56m深くなっていた。これは計測を行ったROVの計測精度が±1.0mであることから計測誤差範囲内であり、設置当時とは差が無いものと判断した。
- ③ 浮体鋼殻部には、亀裂や損傷による顕著な劣化は見られなかった。外面全体の鋼材劣化部面積率(発錆等)は1.7%で問題はないが、「浮体頂部」と「アクセススペース」の部位でみると劣化部面積率がそれぞれ8.79%、6.49%で対策基準である5%を超過しており、補修塗装が必要であると判断した。
- ④ 浮体鋼殻部の肉厚計測結果は、表-3に示す結果となった。「水中部」>「干満帯」>「気中部」の順で肉厚減量が大きくなっているが、いずれも設計腐食代には至っておらず、強度上の問題はないと判

断した。腐食速度(肉厚の年間減量)も一般的な腐食速度は超えておらず、塗膜の防食機能が健全であると判断した。

- ⑤ 係留索部、ユニバーサルジョイント各部の隙間計測結果に異常は見られなかったものの、全体面積に対する劣化部面積率は 4.93%で対策基準の 5%に近接しており、補修塗装の必要があると判断した。
- ⑥ 係留索の計測値に異常は見られなかったが、全面的に塗膜が無くなっており今後は劣化速度が早ま

ること、緊急性は低いものの補修対策の実施が非常に困難な場所であること、施設構造上重要な部品であることから、継続的な定期計測および点検の実施が必要と判断した。

- ⑦ シンカーには顕著な異常は見られず、対策等は不要であると判断した。
- ⑧ バラスト水については、水質環境基準を超過する項目は無く有害性は確認されなかった。

表-3 肉厚計測結果

部位	肉厚減量		腐食速度	
	平均値	設計腐食代	平均値	一般的速度
気中部	-0.08mm	2.0mm	0.003mm/y	0.010~0.012mm/y
干満帯部	-0.13mm	2.0mm	0.005mm/y	0.010~0.070mm/y
水中部	-0.42mm	2.0~4.0mm	0.018mm/y	0.034~0.070mm/y

※ ここで、干満帯とは琵琶湖水位の HWL~LWL 間の部位を示す。

6. 余寿命診断

施設の余寿命診断は、図-3に示すように設置時点からの耐用年数を算定し、今後の余寿命を推算した。耐用年数の推算項目は、これまでの腐食速度が今後も継続するという仮定のもとで、① 設計腐食代に至るまでの余寿命、② 許容応力度に至るまでの余寿命、③ ユニバーサルジョイント部についてはピン部の疲労による余寿命をそれぞれ評価した。

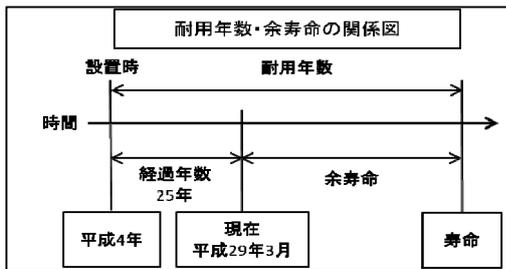


図-3 耐用年数と余寿命との関係

7. まとめ

設計耐用年数を超過した安曇川沖観測所について現状を計測、点検することで劣化状態を把握し、余寿命を推算することで施設を今後も長期間供用できることが判明した。本施設の更新費は、5.5億円程度と試算しており継続供用が可能と判断されたことによりこれらの支出の必要はなくなった。一方で、今回の推算は今後もこれまでと同程度の劣化速度が継続すると仮定した算

定結果である。浮体部や係留索部には既に劣化が散見されており、劣化速度は今後速まるものと予想でき、施設の健全性を維持するためには劣化部の対策が必要であると考えられる。

また、適切な対策や維持管理の継続によって余寿命をさらに長期化、延命化させることが肝要である。加えて、今回行った計測、点検を端緒として今後も継続的にデータを蓄積することで劣化進行の把握や定量的でより正確な余寿命の算定が期待できる。

表-4 余寿命の推算結果

項目	部位	余寿命(年)	
① 設計腐食代	浮体本体部	アクセススペース / 上部計測室	89
		下部計測室	89
	ユニバーサルジョイント部	軸受	85
	係留索部		335
② 許容応力	浮体本体部	浮体底部	204 (最小板厚までの年数)
	ユニバーサルジョイント部	ピン支持部	71
	係留索部		260
③ 疲労	ユニバーサルジョイント部	No.1ピン	201

定結果である。浮体部や係留索部には既に劣化が散見されており、劣化速度は今後速まるものと予想でき、施設の健全性を維持するためには劣化部の対策が必要であると考えられる。

また、適切な対策や維持管理の継続によって余寿命をさらに長期化、延命化させることが肝要である。

加えて、今回行った計測、点検を端緒として今後も継続的にデータを蓄積することで劣化進行の把握や定量的でより正確な余寿命の算定が期待できる。