

GPS 波浪計経年劣化の検証について

髙山 貴之*・川村 浩**・佐々木 武***・百澤 康雄****

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

** (一財) 沿岸技術研究センター 調査役

*** 国土交通省 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 調査課 課長

**** 国土交通省 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 建設管理官

東北地方整備局管内では、平成 19 年に GPS 波浪計の 1 号機が宮城中部沖(金華山沖)に設置されて以来、10 機の GPS 波浪計が設置されている。平成 30 年度、設置後 10 年を超える宮城中部沖の GPS 波浪計が引揚げ・更新された。今後、これに続き順次、管内の GPS 波浪計が更新される計画である。本検討ではライフサイクルコストの低減を念頭に置き、GPS 波浪計の安全・安定的な運用に直結する重要部材(係留索・蓄電池)を中心とした経年劣化に関し、宮城中部沖 GPS 波浪計について検討を行ったものである。

キーワード：GPS 波浪計，経年劣化，摩耗，蓄電池

1. はじめに

平成 19 年度以降設置された、全国の GPS 波浪計 18 機のうち、10 機が東北管内に設置されており、平成 30 年度には設置後 10 年を越えた宮城中部沖(金華山沖)の GPS 波浪計が引揚げ・更新された。GPS 波浪計の設計耐用年数は 10 年とされているが、ライフサイクルコストの低減を念頭におき、設計寿命(10 年)のみに依存して更新時期を決めるのではなく、実態の寿命の把握など可能な限り使用期限を延長する方法について検討を行う必要がある。

2. 主要機器の標準耐用年数

GPS 波浪計を構成する主要機器を表-1 に示す。各機器の耐用年数は概ね 10 年とされている。

表-1 各機器の標準耐用年数

機器・部位		標準耐用年数 (年)
GPS 関連機器	送受信機, アンテナ等	10
衛星通信関連機器	送受信機, アンテナ等	10
データ管理機器	観測計器(風速計等)	5
	データ収集装置	10
電源装置	電源制御盤	7
	太陽光パネル, 蓄電池	10
航路標識関連機器	主灯, 副灯	10
	マーキング装置	10
ブイ	ブイ本体	—
	防舷材	20
	係留索	10
	アンカー	10

各機器の継続使用の可能性については確認が必要でリスクを伴い、精密機器であること、洋上での点検時の判断においては外観の評価であること等が理由に挙げられる。電源装置のうち、蓄電池は期待寿命 13~15 年となっていることから、若干の延命は可能と考えられるが、同様にリスクを伴う延命となる。一方、過去の実績では 10 年未満の機器類の修理・交換の実績箇所は多岐にわたる。観測計器や太陽光パネルでは、多いところで 1 年毎に修理・交換が発生、その他機器の不具合も経過年数に関係なく発生している。

これらの機器は概ね洋上での点検修理・交換が可能である。ただし、和歌山南西沖 GPS 波浪計の事例より、蓄電池の異常は安全性に多大な影響を与え、また、不具合が漂流に繋がる係留索・アンカーについても同様である。

3. 主要機器の重み付け

前述のとおり、各機器の耐用年数は異なり、交換修理は多岐にわたる。そこで GPS 波浪計全体での継続使用可否の判定を行うため、図-1 に示すように、各機器・部位について重み付けを行い選定した。重み付けの方法は、横軸に「海上修理・交換作業の難易度」縦軸に「機能の重要性(安全確保・観測機能)」とし、マトリックスで表し、評価した。

GPS 波浪計全体の継続使用に影響を及ぼす要因は、特に海上での修理・交換作業の難易度が大きく影響する。結果として、以下の機器・部位を選定した。

- ① 係留索(係留索, アンカー)
- ② 蓄電池

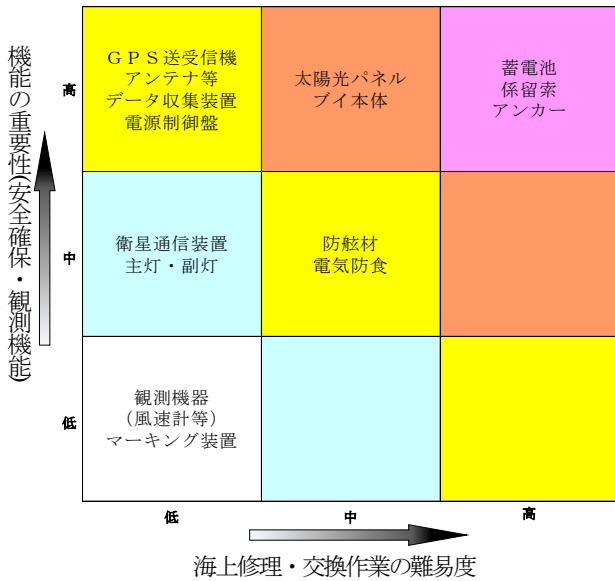


図-1 GPS 波浪計の主要機器の重み付け

4. 経年劣化状況の検証

4.1 係留索の検討

3.において選定された係留索について、引揚げ更新された宮城中部沖(金華山沖)GPS 波浪計の経年劣化状況の検証を行った。

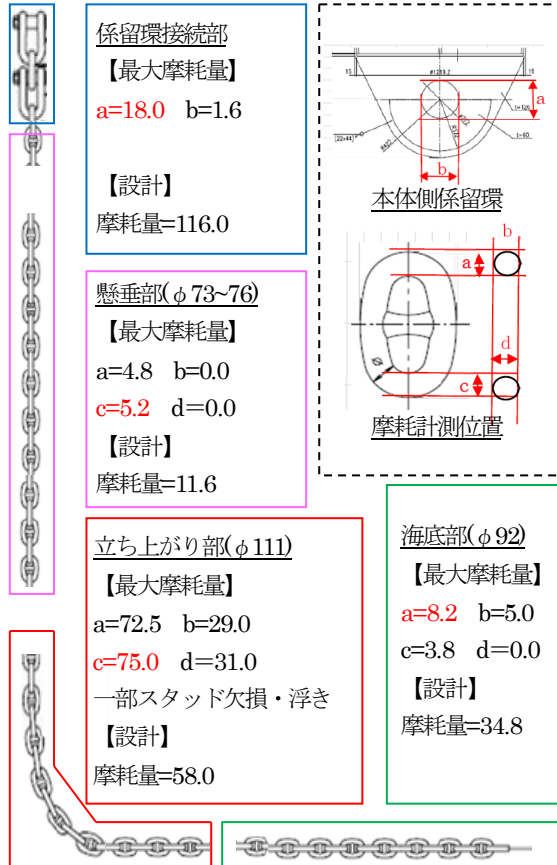


図-2 係留索摩耗量

(1) 係留環接続部

最大の摩耗はブイ本体の係留環の鉛直方向で確認された。設計の摩耗量に対して 1/6 程度の摩耗量であった。
 摩耗量=18.0mm(1.55mm/年)
 設計摩耗量=116.0mm(10.0mm/年)

全体の平均的な摩耗状況は、鉛直方向(a) (図-2 参照)の摩耗が比較的大きいが、設計の年間摩耗量と比較して、1/10 程度の摩耗速度である。

(2) 懸垂部

最大の摩耗は、懸垂部中段で確認された。設計の摩耗量に対し 1/2 程度の摩耗量であった。

摩耗量=5.2mm(0.45mm/年)
 設計摩耗量=11.6mm(1.0mm/年)

全体の平均的な摩耗状況は同様に鉛直方向(a) (c)の摩耗が大きいが、設計の年間摩耗量と比較して、1/5 以下の摩耗速度である。

(3) 立ち上がり部

最大の摩耗は、離底点で確認された。設計の摩耗量に対し 1.3 倍程度多い摩耗であった。

摩耗量=75.0mm(6.47mm/年)
 設計摩耗量=58.0mm(5.0mm/年)

しかし、全体の平均的な摩耗状況は同様に鉛直方向(a) (c)の摩耗が大きいのもの、設計の年間摩耗量に比較して、1/2 以下の摩耗速度であり、φ 111mm40 番目~44 番目の5つのリンクにおいて局所的な摩耗が発生していることが確認できた。また、同箇所および上下に位置するリンクではスタッドの欠損および浮きが確認された。図-3 に立ち上がり部φ 111 における摩耗量のグラフを示す。

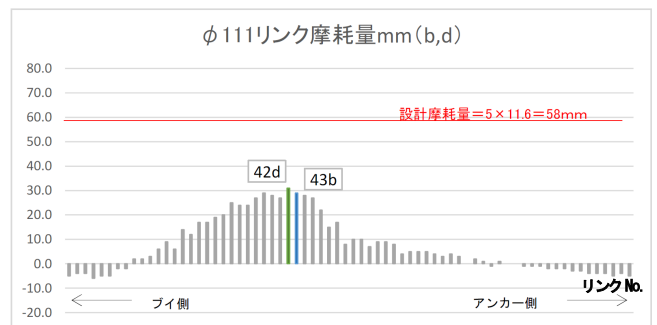
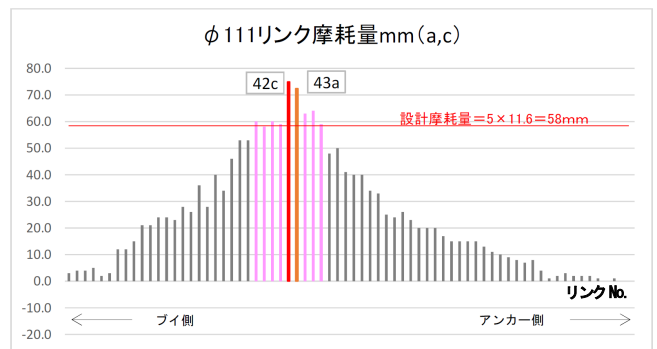


図-3 φ 111 リンク摩耗量

図中 42c と 43a は、42 番目と 43 番目のリンクが接している位置である。グラフからも確認できるように、この一か所において局所的に摩耗が激しく、その周辺の5つのリンク(リンクの上下で摩耗量を計測しているため、グラフでは 10 測点)で設計摩耗量を超えていた。上記の局所的な摩耗が発生した位置を中心に、ブイ側およびアンカー側ともに徐々に摩耗量が少なくなっていることが分かる。

(4) 海底部

最大の摩耗は、アンカー接続部のシャックルピンで確認された。設計の摩耗量に対し 1/4 程度の摩耗であった。

摩耗量=8.2mm(0.71mm/年)

設計摩耗量=34.8mm(3.0mm/年)

全体の平均的な摩耗状況は、各部材のブイに近い側の摩耗が比較的大きいが、年間の設計摩耗量に比較して 1/10 以下の摩耗速度である。

4.2 ROV 調査との比較検証

金華山沖 GPS 波浪計は、引揚げ前に係留索の ROV 調査が行われている(平成 30 年、引揚げと同年)。本検討では ROV 調査で得られたリンク摩耗後の残存量と引揚げ確認時の残存量について、特に摩耗の激しい立ち上がり部で比較した。表-2 に比較結果を示す。

表-2 ROV 調査および引揚げ調査の残存量比較

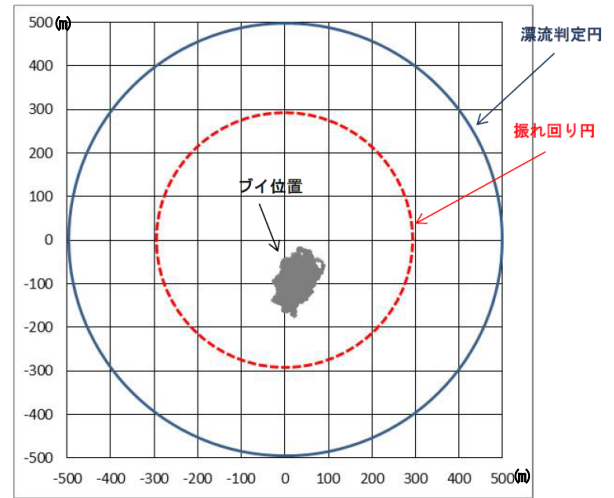
リンク No.	ブイ側 残存量			アンカー側 残存量		
	ROV 調査	引揚げ調査	差異	ROV 調査	引揚げ調査	差異
40	47mm	58mm	11mm	35mm	51mm	16mm
41	58mm	53mm	5mm	-	51mm	
42	-	52mm		38mm	36mm	2mm
43	-	38.5mm		-	48mm	
44	-	47mm		-	52mm	

残存鋼材厚の ROV 調査と引揚げ調査による残存鋼材厚の差異は、最大 16mm、最小 2mm であった。16mm の差異は、設計摩耗量=5mm/年であることから、約 3 年間に相当する期間の差となる。そのため ROV 調査結果では 10 年経過時での劣化予測(延命判断)は難しいが、スタッドの欠損、局所的な摩耗位置は測観測れており、通常は 5 年経過以降の波浪計を対象に実施されることから、早い年代での測定は継続使用の判断に必要であり、有効であると考えられる。

4.3 ブイ座標観測記録との比較検証

平成 29 年 4 月から平成 30 年 11 月までのブイ座標記録を図-4 に示す。振れ回り領域は一部に集中しており、急な振れ回りは無かったと判断できる。ROV 調査および引揚げ調査結果では、離底部周辺のみが局所的な摩耗

およびスタッドの欠損・浮きが発生していた。この結果を考慮すると、振れ回り円が比較的小さく領域が複数でない場合は、離底部に摩耗が集中し、離底部の摩耗が支配的となるものと考えられる。



図の中心：アンカー位置
漂流判定円：ブイが漂流したと判断する円
振れ回り円：チェーン長とアンカー水深から計算した最大振れ回り円

図-4 ブイ位置座標観測記録

4.4 蓄電池の検証

蓄電池の経年劣化状況について、実際に計測された蓄電池内部抵抗値にて検証した。表-3 に蓄電池内部抵抗値の寿命と目安、図-5 に蓄電池の内部抵抗値の経時変化を示す。

表-3 内部抵抗値と寿命の目安(蓄電池 MSJ-300) 単位:mΩ

正常範囲	注意値	寿命又は故障
0.68 未満	0.68~0.81	0.81 超

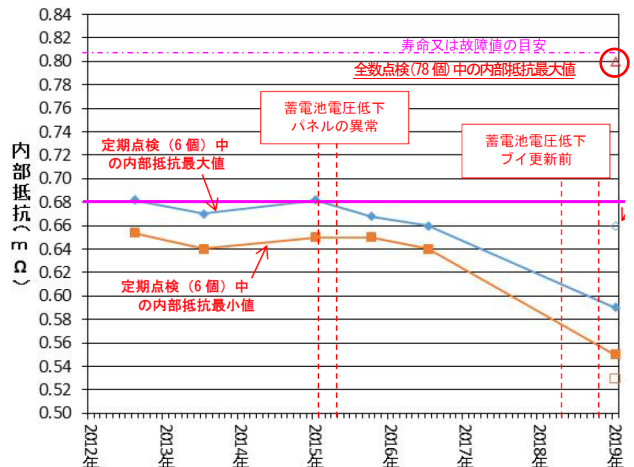


図-5 蓄電池の内部抵抗値の経時変化

定期点検における、全数 78 個中の 6 個の内部抵抗値については、経時的な内部抵抗値の増加は無く、引揚げ調査時の確認では、内部抵抗値が下がる傾向を示している。また、太陽光パネル異常による蓄電池電圧低下が発生した時期周辺においても、内部抵抗値の変動はなく、電圧

低下と内部抵抗値との相関性は確認できない。

次に、引揚げ調査時における全数 78 個の内部抵抗計測値については、蓄電池 78 中の 1 個のみにおいて、寿命又は故障の目安に近い内部抵抗値となっているが、それ以外の 77 個については、正常範囲内に収まっている。

検証結果として、設置後 11 年程度の本検討の範囲内においては、全体の蓄電性能が大きく低下しているとは考えられない。また、太陽光パネル異常による電圧の低下は、蓄電池の寿命とは関係なく、太陽光パネル等の不具合から発生しているためであり、蓄電池自体の性能低下ではない。

現時点では、内部抵抗値からの寿命予測はできない状況であるが、現在の状態から今後どの程度の速度で、寿命となる蓄電池の個数が増えていくかが、全体の蓄電性能低下の判断指標になるものと考えられる。

5. 再利用の検討

5.1 係留索について

係留索については、再設置ブイへの再利用の可能性について検討した。転用の可能性を検討する係留索の部位は、摩耗速度が遅い「懸垂部」「海底部」とした。

表-4 は、引揚げられた係留索の実測最小径を用いて、今後 10 年間、同位置(宮城中部沖(金華山沖))で使用すると仮定した場合について、「設計の摩耗速度」で安全率(必要安全率=5.0)を検討した結果である。この場合、懸垂部では安全率 5.0 を下回った。

表-4 設計の摩耗速度を用いた検討結果

	実測 最小径 (mm)	摩耗代 設計 (mm)	摩耗後 径 (mm)	切脚試験 荷重 (kN)	最大 張力 (kN)	安全率
懸 垂	75	10	65	3,215	726.5	4.4 OUT
	73	10	63	3,032	671.0	4.5 OUT
海 底	92	30	62	2,943	519.7	5.7 OK

一方、表-5 は、引揚げられた係留索の実測最小径を用いて、今後 10 年間、同位置(宮城中部沖(金華山沖))で使用すると仮定した場合について、「実測の摩耗速度」で安全率(必要安全率=5.0)を検討した結果である。この場合、懸垂部および海底部の安全率は 5.0 を上回る結果となっている。

表-5 実測の摩耗速度を用いた検討結果

	実測 最小径 (mm)	摩耗代 実測 (mm)	摩耗後 径 (mm)	切脚試験 荷重 (kN)	最大 張力 (kN)	安全率
懸 垂	75	1	74	4,089	726.5	5.6 OK
	73	0	73	3,988	671.0	5.9 OK
海 底	92	0	92	6,081	519.7	11.7 OK

これより、実測の摩耗速度では安全率は満たすため、再利用検討の余地がある。ただし、外観からは判断でき

ない内部の欠陥、機能面の確認が必要か、またその確認・検査方法の確立が不可欠である。

5.2 蓄電池について

約 11 年の使用期間である本検討範囲では、蓄電池の内部抵抗値は、時間経過に伴う増加(性能低下)の傾向が見られず、経時的な劣化の指標にはなっていない。

しかし、蓄電池の性能は急激に低下することもあることから、今後他の GPS 波浪計のデータを踏まえ、傾向を把握し、検討する必要がある。

6. おわりに

今回の検討については、宮城県中部沖(金華山沖)の更新に伴い引揚げた GPS 波浪計のあくまで一例である。今後、これに続き順次、管内の GPS 波浪計が更新される計画である。データの蓄積・分析により、GPS 波浪計のライフサイクルコスト低減に繋がることを目指したい。

謝辞

本稿は、国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所発注の管内技術課題に関する技術支援業務の成果の一部をまとめたものである。

調査にあたっては、管内技術課題に関する検討会(「GPS 波浪計の経年劣化の検証に関すること」(委員長:(一財)沿岸技術研究センター 高山参与))の各委員から貴重なご意見、ご指導をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所：平成 30 年度管内技術課題に関する技術支援業務報告書、平成 31 年 3 月。