

第2回土佐黒潮牧場15号離脱原因調査委員会 議事録

高知県水産業振興課

- 1 開催日時 令和5年3月29日(水) 13:00~14:30
- 2 開催場所 高知県海区漁業調整委員会室(高知市丸ノ内1丁目7番52号 高知県庁西庁7階)(WEB会議併用)
- 3 出席者 別添出席者一覧のとおり
- 4 会議次第

(1) 開会

(2) 水産業振興課長挨拶

(3) 議事

1) 第1回委員会の議事要点について

○事務局から以下の説明(一部抜粋)

- ・詳細設計での自然環境条件のうち、有義波高は12.5m、最大波高は25m、海底勾配は1/140、底質はシルト
- ・係留索の最大発生張力に対して安全率3以上となるφ124mmの下部補強鎖中部(チェーン長80m)が上部から11mで破断
- ・係留チェーンは中国のJiangsu Asian Star Anchor Chainが製作、SCOPEがJIS規格相当であると証明したものを使用、材料試験の結果も問題なし
- ・設置工事については、他工事でも実績のある海上展張方式により実施し、艀装・設置作業及び設置位置についても問題なし
- ・離脱発生日は、台風14号の高知県通過に伴う暴風波浪警報が発令中(離脱時である20時の有義波高は7.4m、風速は17.8m/s)
- ・回収品の調査の結果、浮体及びスパイラルローブに損傷なし
- ・回収した下部補強鎖中部の端末リンクを除く20リンク(下図)について調査を実施したところ、ブイ側から13番目のリンクから残存していた末端リンクに向かって摩耗が顕著になっていた
- ・残存強度試験の結果、末端リンクを含む18番目から20番目までの3リンクは680kNで破断した
- ・他ブイと比較して、今回の下部補強鎖中部の急激な摩耗は特異的な現象
- ・2018年8月末を境として浮体位置の東西方向のヒストグラムを作成した結果、2018年8月末以降はそれ以前に比べてアンカー設置位置に近づくとともに、振れ回りの範囲が狭くなっていた
- ・2018年8月(台風20号)、同年9月(台風21号及び24号)に高知県に上陸した台風により、設計有義波高を超える最大有義波高が記録され、気象庁観測データでも、上記台風接近時の有義波高が12mを超えていることを確認

- ・室戸岬沖（黒牧 10 号）の潮流の流向及び流速は、2017 年 8 月に発生した黒潮大蛇行を境として、これまで卓越していた 2～3kt の北東向きの流れが弱まり、それ以降、卓越方位のない弱い流れが継続
- ・宮城中部沖の GPS 波浪計を引き揚げたところ、海底立ち上がり部の係留鎖（φ 111mm）のブイ側から 40 番目～44 番目の 5 つのリンクに局所的な摩耗（最大摩耗量 75mm、設計摩耗量 58mm）が確認され、ブイ座標記録から、この原因は振れ回り円が比較的小さく、領域が複数でないため、立ち上がり部に摩耗が集中すると推察した報告について紹介

○質疑応答

- ・材料は他の県でも同じものを使っていたのか
→他県でも同様の鋼材を使っている
- ・2 回目と 3 回目で設置位置が 2 km 離れているということで、地質的には違いがないと思われるが、地形的（例えば勾配）に違いはあるのか
→19 ページに等深線を入れた設置位置図を載せているが、これを見る限り、2 回目と 3 回目の設置位置に水深、勾配の違いはない
- ・14 ページの資料は、設計波高を超えた波が出現したと推定されるエビデンスとして重要であるが、GPS 波浪計は水深 100m～200m だと思うが、気象庁のデータはどのくらいの水深帯で測定されているものなのか。深海波状態の波がどうであったのかということが、浮魚礁が設置されているような水深の深い場所では重要であるため、きちんと確認しておきたい
→事務局で確認して回答する

2) 第 1 回委員会で提案された調査・確認事項への回答について

○事務局から以下の説明

- ①「黒牧 15 号の設置位置海底付近が、海底熱水鉱床、メタンハイドレート等、鉄が腐食するような酸性状況になかったかどうか」については、高知沖に海底熱水鉱床は分布していないことなどから、15 号設置位置の海底は酸性状況ではなかった
- ②「Jiangsu Asian Star Anchor Chain が製作したチェーンの国内浮魚礁での採用実績」は資料の表のとおり
- ③「旧 15 号と離脱 15 号の諸元（設置位置、礁体、チェーン径・材質・製作メーカー・スタッド溶接の仕様）の比較表の作成」については、資料の表のとおり
- ④「摩耗しているリンクが、アンカー側からどこまで異常性があったかについての整理」については、安全率 3 以下となったのは No. 17～21 の 5 リンク、安全率 1 以下となったのは No. 19～21 の 3 リンクであった

- ⑤「離脱 15 号と旧 19 号の振れ回り範囲の変化が類似することと摩耗の状況が異なることについての整理」については、離脱 15 号は 2018 年夏～秋の台風接近の際に、大きく南方向に動いたあと北方向に移動し、それ以降の 4 年間は振れ回り位置に変化がないのに対して、旧 19 号は 2018 年夏～秋の台風接近の際の南北への移動傾向は離脱 15 号と同じだが、南方向への変化が少なく、それ以降も振れ回り位置に大きな変化が認められた。したがって、詳細に見ると 2018 年夏以降の動き方には両者で違いが認められ、そのことが摩耗の状況に類似性が見られないことと関係していると推察
- ⑥「ランプド・マス法による動的なインパクトフォースの調査」については、現時点で動的な検討は行っておらず、改めての検討も困難
- ⑦「研磨材となり得る岩石・堆積物に関する情報の整理」については、金属の研磨剤となり得る岩石・堆積物としては、珪藻土や泥砂が知られているが、離脱 15 号と 10 号、12 号、旧 15 号は海底地質がシルトで共通しており、今回の離脱 15 号の特異的な摩耗は海底地質の特異性では説明できない

○質疑応答

- ・第 1 回委員会の時に、2018 年の台風イベントによって下部のチェーンが固定点化して振れ回りが小さくなったという説明があったが、その認識は事務局としては変わっていないということによろしいか
→そのように考えている

3) 流出原因の推定(案)と改善の方向性に関する提言(案)について

○事務局から以下の説明

【離脱原因】2018 年夏～秋に本県に接近した台風で設計有義波高以上の有義波高を受けたことによる想定以上のブイの上下動や急激な振れ回りによって、下部補強鎖中部(海底立ち上がり部付近)が重なり合う等して海底立ち上がり部が固定点化の状態となってしまったため、下部補強鎖中部の特定の部位に負荷が集中する状況となり、潮位変動や潮流による撓動によって想定を大きく超える異常な摩耗が進行して下部補強鎖中部リンクの強度が著しく低下し、最終的に 2022 年 9 月 18 日の台風 14 号による高波等の引っ張りによって破断に至った

【改善の方向性】今回の事例は、短期間に 3 回設計を超える有義波高を受ける、かつ、下部補強鎖中部(海底立ち上がり部付近)の重なり合い等によって固定点化が生じるという、極めて特異的な事象が発生し、それによって潮位変動や潮流による撓動で特定部位の摩耗が急激に進んだことが原因であり、今後、類似する事象が再度発生するとは考えにくいことから、現在の設計及び海上展張方式による施工は現状

のままで良い。ただし、特異的な状況が発生した際の異常摩耗の対応として、立ち上がり部リンクの素材の変更（強度の高い規格への変更）については検討を行う

○質疑応答

- ・改善の方向性に「強度の高い規格への変更」とあるが、現状よりも摩耗に強い鉄というものが存在するのか
- （日鉄エンジニアリングから回答）摩耗に強い材料というのではないという認識
- ・そういうことであれば、改善案の「強度の高い規格への変更」というのは現状では不可能なのか
- もっと硬い鉄の規格に変更するということはできる
- ・強度というのは硬度という意味か
- そうである
- ・文案では「素材の変更」のかっこ書きとして、強度の高い規格への変更が記載されているが、素材として鉄を使うことに変更はないので、より強度の高いものに代替することを対応策として考えるという意味で、かっこを外して書いた方がよいのではないか
- はい
- ・今回の事例は短期間に3回の設計を超える有義波高を受けたとあるが、安全率3以上には耐えられない大きな波が来たという意味か。それぐらいの大きい波でブイが動いて海底部のチェーンまで影響を受けた結果、特異な現象が起きたという意味なのか。
- 有義波高自体は30年間の波高の中の上位3分の1の確率波となっており、その波高を想定して当初設計を行っている。実際に受ける最大の波高はこれ以上のものを受けている可能性もあるが、そのような波を受けてすぐに破断にいたることはないと考えている。
- ・振れ回りが小さくて固定点化というのは分かるが、重なり合うというのは具体的にどういう状況なのか
- 通常であればまっすぐになっているものが、折り重なるようにもつれ合っているというイメージ
- ・そのもつれ合った箇所ではチェーンがこすれ合って摩耗したということか
- もつれ合った箇所が引っかかりとなって、その上の部分がなめらかに動かず、過度の引っ張り力がかかって摩耗したと考えている
- ・あくまでも摩耗は垂れ下がっている部分のリンクとリンクのしゅう動ということか
- そうである
- ・類似の事例が再度発生する可能性は考えにくいとあるが、宮崎や徳島でも同じよう

にチェーンが摩耗して破断していたのではないかと思うが、そうであれば再発する可能性は全くないとは言えないので、それがどんなものになるかは具体的には考えにくいものの、摩耗が起こらないような対策を考える必要がある。資料中に原因は書いてあるが、原因を取り去る対策は分かりづらい。どう考えているのか。

→宮崎県の場合は黒潮大蛇行の影響で想定していた流れよりも弱い流れが継続し、それによって同じ箇所のみが摩耗して破断に至っており、本県の原因とは異なっている。徳島沖のGPS波浪計の場合は、設置の際に下部係留索の固定点化が発生して摩耗、破断に至っているが、高知県の施工方法ではそのような事例は発生しておらず、施工方法を工夫する必要はないと考えている。今回の事例では、設計や施工方法には問題がないが、設計有義波高を超える波高が短期間に3回起きるといって極めて特異的な事象で異常摩耗が発生しており、それに対する改善策は考えにくいということで、この案のような書きぶりにしている。

(委員長) 離脱原因の推定と改善策の案については、概ねこれで了承していただけますでしょうか。特に異論が無いようでしたら、この方向性で、文言をブラッシュアップ(一般の人、専門家が客観的に見たときに、誤解を与えないような書きぶりに修正)していただくということで対応をとっていただきたいと思います。

4) その他

○出席委員からの以下の指摘に対して事務局から回答

- ・文言の話になるが、22ページの直接的な原因の中の「単位面積あたりの応力が大きくなっている」の表現が引っかかる。断面積が小さくなって応力が大きくなるということだろうが、応力はそもそも単位面積あたりのものなので、言葉として引っかかりを感じる。

→修正する

- ・(3)の流出原因と改善策の案については、事務局でもう少し文言を修正し、各先生方に見ていただいてご意見をいただくということで対応してもらいたい
- ・議事録の公開については、「主な意見と対応」としてエッセンスだけ公開するのか、発言内容を詳細に記載して公開するのかについては検討する必要があるのではないかと。この件については、他の委員の方の意見も事務局で聞いてもらい、最終的にどういったものを公開するのかについて確定させてもらいたい。

→承知した