

離島におけるフェリー可動橋代替施設の必要性検討について

県北振興局建設部港湾漁港第一課 山口 悟
○酒井 優作

1. はじめに

1.1 フェリー可動橋の重要性

長崎県は、有人島が51島あり、その中で約14万人が生活をしている¹⁾、全国一の離島県である。離島地域の物流は、フェリーをはじめとした船舶での海上輸送に依存し、他の輸送手段を持たない。台風などで数日間フェリーが運休になった際には、離島のスーパーの商品棚がスカスカになる現象が起こる。これは、海上輸送の確保・維持が、離島住民の生活に必要な不可欠であることを示唆している。

海上輸送に必要な施設のひとつとして、フェリー可動橋があげられる。フェリー可動橋(以下、「可動橋」という)は、油圧装置により橋体を上下させることで、潮位差の影響を受けずに車両をフェリーに乗降させることが可能な施設(写真-1、図-1)であり、生活物資を積んだ多くの貨物車両が当施設を利用し、離島住民へ生活物資を供給している。すなわち、可動橋は離島住民の生活を支える重要な施設である。



写真-1 フェリー可動橋

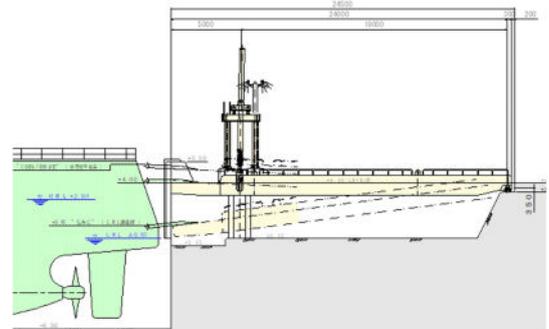


図-1 フェリー可動橋側面図

1.2 課題と検討事項

可動橋は離島住民の生活を支える重要な施設であることから、損傷劣化が軽微な段階で維持補修を実施し、高い水準で維持管理を行っている。しかしながら、可動橋が突如供用停止となった事例がある。それは、船舶との接触による事故である。

令和2年12月、佐世保～宇久・小値賀～上五島航路を航行するフェリーが接岸中に、佐世保港の可動橋と接触し、橋体部を損傷させる事故(写真-2)が発生した。この事故により、復旧までの約3ヵ月間、可動橋が供用停止となり、佐世保港での車両の乗降が不可となった。その間、離島住民へ生活物資を供給するための代替手段として、陸上クレーンでフェリーに貨物を直接積み込む手段(写真-3)や、陸送で博多港まで輸送し、博多港からはフェリーで輸送する手段などが講じられたが、いずれにしても莫大な労力、時間、費用がかかった。

上記のように何らかの要因で可動橋が供用停止となった場合、物流を海上輸送に依存している離島においては、物流が滞り、離島住民の生活に重大な影響が及ぶことになる。特に島内に代替港がない離島において

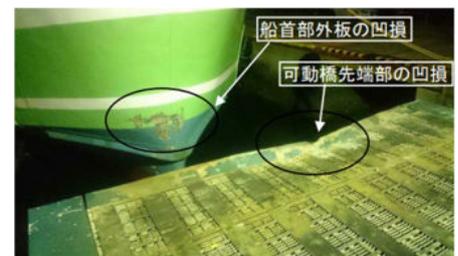


写真-2 事故状況



写真-3 貨物積込状況

は、図-2のように物流が遮断されるため、深刻な問題である。このため、何らかの要因で可動橋が供用停止となった場合でも、離島住民の生活に影響が及ばないように、海上輸送を継続させなければならない。

課題解決の糸口として、島原半島の多比良港を取り上げる。多比良港では、可動橋が2基整備されていたため、可動橋の油圧装置が不具合を起こし供用停止となった際、正常な可動橋を代替施設として利用したことで、ダイヤの調整等はあったものの、平常どおりの運航に至った事例がある。

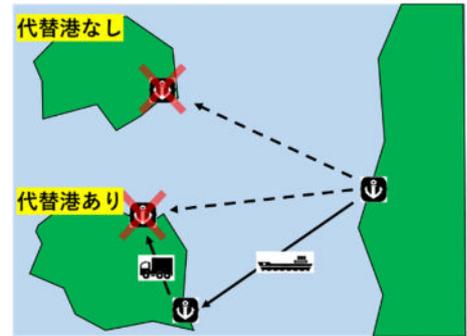


図-2 物流イメージ図

このことから、可動橋が供用停止となった場合の海上輸送確保対策として、可動橋の代替施設の整備を提案する。しかしながら、可動橋の代替施設は今まで整備された実績がなく、多比良港においても可動橋の代替施設として整備されたわけではないため、海上輸送確保対策として、代替施設の整備が有効であるとする根拠に乏しい。そのため、本稿では、可動橋代替施設の整備が有効であるか定量的に分析、確認し、可動橋代替施設の必要性について評価するものである。

2. 分析手法・条件の設定

2.1 分析手法

可動橋代替施設整備の有効性を定量的に表す手法として、費用便益分析による費用便益比法を用いる。算出された費用便益比が1より大きいとき、代替施設の整備が有効であると評価する。

費用は、代替施設の整備にかかるコストと代替施設の維持管理にかかるコストの合計費いわゆるライフサイクルコストとする。

便益については、代替施設を整備したことにより削減できる損失額とし、損失額は、可動橋供用停止期間中に、住民生活を維持する目的で、現状と同量の輸送量を確保するためにかかる海上輸送費（以下、「代替海上輸送費」という）とする。なお、既設可動橋の維持補修費は、代替施設整備の有無にかかわらず費用を投入しなければならないため、本稿の分析では考慮しないものとする。

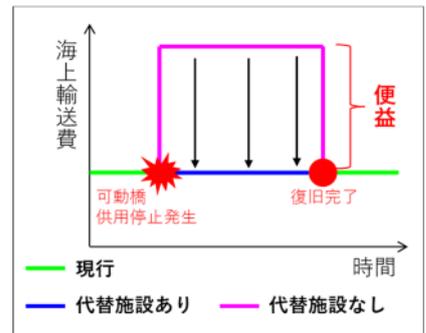


図-3 便益発生イメージ図

2.2 分析条件

分析を行う箇所として、宇久島の平漁港（以下、「宇久平港」という）を選定する。宇久島は、五島列島の最北部に位置する人口約1,800人の島であり、フェリーなどの物資輸送船舶の寄港地は宇久平港のみで、宇久島内に物資輸送船舶が寄港できる代替港は存在しない。宇久平港においては、油圧シリンダ吊下式可動橋が1基のみ整備されており、代替施設は存在しない。



図-4 位置図

宇久平港に寄港する物資輸送船舶として、佐世保港からのフェリーが1日2便、博多港からのフェリーが1日1便、佐世保港からのRORO船が1ヵ月2便～3便で運航しており、宇久島へ物資を輸送している。本稿では、主に生活物資を輸送している佐世保港からのフェリーに着目して分析する。

評価期間は、代替施設整備期間2年間と代替施設供用期間50年間²⁾を合計した52年間とする。

3. 便益の算定

3.1 便益算定方法

便益は、可動橋供用停止期間中にかかる代替海上輸送費が、代替施設整備により削減できる効果であるため、便益額は代替海上輸送費となる。

算定手順として、初めに代替海上輸送方法を設定し、1年間可動橋の供用が停止した場合の年間便益額を算定する。次に、便益は既設の可動橋が何らかの要因で供用停止になった際に発現するため、供用停止に至る要因を設定し、それぞれの要因の発生確率における年間便益額を算定する。最後に、それぞれの要因の発生確率における年間便益額から、代替施設供用期間 50 年間分の総便益額を算定する。

3.2 年間便益額の算定

代替海上輸送方法は、現実的な方法として、宇久島近隣の島である小値賀島内の小値賀漁港を代替港として利用し、小値賀島から宇久島への輸送はクレーン付台船により輸送する方法を設定する。この方法により発生する便益額は、小値賀島から宇久島へ物資を輸送するためにかかるクレーン付台船の運転費用となる。加えて、クレーン付台船は自航できず、引船でえい航を行う必要があるため、引船の運転費用も便益額に加算する。



図-5 代替海上輸送方法

上記の代替海上輸送方法に伴う年間便益額 $B_{\text{年間}}$ を、式-1 により算定する。

$$B_{\text{年間}} = (C_{\text{台船}} + C_{\text{引船}}) \times D_{\text{運航}} \times N_{\text{寄港}} \quad \dots \text{式 1}$$

$C_{\text{台船}}$: クレーン付台船運転費 (千円/日・台)

$C_{\text{引船}}$: 引船運転費 (千円/日・台)

$D_{\text{運航}}$: フェリー年間運航日数 (日)

$N_{\text{寄港}}$: 1日当たりの寄港回数 (回/日)

港湾漁港請負工事積算基準より、クレーン付台船運転費 $C_{\text{台船}}$ は 300 千円、引船運転費 $C_{\text{引船}}$ は 116 千円となり、フェリー年間運航日数 $D_{\text{運航}}$ は船会社ヒアリングにより 355 日、1日当たりの寄港回数 $N_{\text{寄港}}$ は 1日2便の運航のため 2回となる。したがって、年間便益額 $B_{\text{年間}}$ は 295,360 千円となる。

3.3 供用停止に至る要因設定

供用停止に至る要因として、災害、事故、維持補修工事の3つを設定する。災害については、地震による被災を想定する。事故については、フェリーとの接触による事故を想定する。維持補修工事については、工事実施にあたり、供用を停止せざるを得ない工種である、ヒンジ沓取替、油圧装置の油圧シリンダおよび軸受の取替を想定する。

3.4 災害（地震）に伴う総便益

地震の規模として、レベル1地震動(再現期間 75 年)とレベル2地震動(再現期間 500 年)²⁾があり、レベル2地震動以上の規模の地震は、すべての港湾施設が機能を果たせない状態となるため、便益が発現する地震の規模は、レベル1以上レベル2以下の地震動とし、評価開始から t 年目にレベル

1 以上レベル 2 以下の地震動規模の地震が発生する確率 $P_{地震}(t)$ を、式-2²⁾により算定する。

$$P_{地震}(t) = (1/75 - 1/500) \times (74/75)^{t-1} \quad \dots \text{式 } 2^{2)}$$

上記規模の地震発生確率における年間便益額 $B_{年間(地震)}(t)$ を、式-3 により算定する。

$$B_{年間(地震)}(t) = B_{年間} \times P_{地震}(t) \times D_{地震}/365 \quad \dots \text{式 } 3$$

$D_{地震}$: 地震被害による供用停止日数 (日) = 365 日 (1 年間)²⁾

式-3 により、上記規模の地震発生確率における年間便益額 $B_{年間(地震)}(t)$ は、2,966 千円 ($t=10$ の場合) となる。これから、地震に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益額 $B_{地震}$ を、式-4 により算定する。なお、社会的割引率 $Di(t)$ は 4%²⁾ とする。

$$B_{地震} = \sum_{t=1}^{50} (B_{年間(地震)}(t) \times Di(t)) \quad \dots \text{式 } 4$$

式-4 により、地震に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益 $B_{地震}$ は、58,975 千円 となる。

3.5 事故に伴う総便益

船会社ヒアリングにより、可動橋が供用停止となる規模の事故が発生した回数は、平成元年からの 34 年間で 2 回であったため、17 年間で 1 回は可動橋が供用停止となる規模の事故が発生すると仮定し、評価開始から t 年目に可動橋が供用停止となる規模の事故が発生する確率 $P_{事故}(t)$ を、式-2 を応用した式-5 により算定する。

$$P_{事故}(t) = (1/17) \times (16/17)^{t-1} \quad \dots \text{式 } 5$$

上記規模の事故発生確率における年間便益額 $B_{年間(事故)}(t)$ を、式-6 により算定する。

$$B_{年間(事故)}(t) = B_{年間} \times P_{事故}(t) \times D_{事故}/365 \quad \dots \text{式 } 6$$

$D_{事故}$: 事故被害による供用停止日数 (日) = 90 日 (佐世保港事故の実績より)

式-6 により、上記規模の事故発生確率における年間便益額 $B_{年間(事故)}(t)$ は、2,482 千円 ($t=10$ の場合) となる。これから、事故に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益額 $B_{事故}$ を、式-7 により算定する。なお、社会的割引率 $Di(t)$ は 4%²⁾ とする。

$$B_{事故} = \sum_{t=1}^{50} (B_{年間(事故)}(t) \times Di(t)) \quad \dots \text{式 } 7$$

式-7 により、事故に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益 $B_{事故}$ は、39,665 千円 となる。

3.6 維持補修工事に伴う総便益

可動橋の供用停止が必要な維持補修工事である、ヒンジ沓取替および油圧装置の油圧シリンダおよび軸受の取替について、それぞれの部材の取替年数 Y および取替工事による供用停止日数 $D_{工事}$ を表-1 により示す。取替工事による供用停止日数は、施工業者ヒアリングにより決定した。

工種	取替年数 Y ³⁾	供用停止日数 $D_{工事}$
ヒンジ沓取替	10 年	5 日
油圧シリンダ取替	25 年	5 日
油圧シリンダ軸受取替	10 年	2 日

表-1 部材取替年数、工種別供用停止日数表

上記維持補修工事における年間便益額 $B_{\text{年間(工事)}}$ を、式-8 により算定する。

$$B_{\text{年間(工事)}} = B_{\text{年間}} \times 1/Y \times D_{\text{工事}}/365 \quad \dots \text{式 } 8$$

式-8 により、上記維持補修工事における年間便益額 $B_{\text{年間(工事)}}$ は、728 千円となる。これから、維持補修工事に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益額 $B_{\text{工事}}$ を、式-9 により算定する。なお、社会的割引率 $Di(t)$ は $4\%^2$ とする。

$$B_{\text{工事}} = \sum_{t=1}^{50} (B_{\text{年間(工事)}} \times Di(t)) \quad \dots \text{式 } 9$$

式-9 により、維持補修工事に伴う代替施設供用期間 50 年間分の総便益 $B_{\text{工事}}$ は、16,271 千円となる。

4. 費用の算定

4.1 代替施設形式の選定

代替施設形式を選定するため、県内で車両乗降施設として実績のある、可動橋式、浮棧橋式、傾斜式護岸の3形式について、表-2 により比較検討を行う。整備費は、類似施設の工事实績額および積算により決定し、維持管理費は、類似施設の機能保全計画書を参考として決定した。また、整備箇所については、既設の岸壁を利用するものとし、フェリーの回頭範囲を考慮した上で、写真-4 に示す箇所を選定した。



写真-4 代替施設整備箇所

形式 比較項目	可動橋式	浮棧橋式	傾斜式護岸
利便性	利便性：高い ※潮位差に対応可能で、車両乗降が円滑にできる。	利便性：高い ※潮位差に対応可能で、車両乗降が円滑にできる。	利便性：低い ※潮位差に対応不可。傾斜角度の異なる施設が複数必要。
要求性能持続性	持続性：小 ※機械設備を有するため、突発的な設備の故障がある。	持続性：中 ※波浪による影響を大きく受けるため、被災しやすい。	持続性：大 ※単純構造物であるため、他2案と比べ要求性能を持続しやすい。
土地・水域利用への影響	影響：小	影響：中 ※多少の水域が利用不可となる。	影響：大 ※傾斜角度の異なる施設が複数必要であるため、岸壁背後地が広く利用不可となる。
整備費	133,600千円	293,000千円	38,000千円
維持管理費（50年間）	23,600千円	30,400千円	10,200千円
整備費+維持管理費	157,200千円	323,400千円	48,200千円

表-2 代替施設形式比較表

比較検討の結果、整備費、維持管理費および要求性能持続性で優位な傾斜式護岸を選定する。傾斜式護岸の利便性が低い点については、代替施設として利用するもので利用頻度が低いため、また、土地・水域利用への影響が大きい点については、隣接する岸壁背後地が広く、余地があり、かつフェリーが夜間停泊する岸壁を有効活用するため、不都合は少ないと考える。

4.2 代替施設の総費用

傾斜式護岸の整備費が 38,000 千円、50 年間の維持管理費が 10,200 千円であることから、社会的割引率 4%²⁾を考慮した評価期間 52 年間における総費用額 C は、44,410 千円となる。

5. 費用便益分析の結果

算定した総便益および総費用から、費用便益比を下記に示す。

$$B/C = \frac{B_{\text{地震}} + B_{\text{事故}} + B_{\text{工事}}}{C} = \frac{114,911 \text{千円}}{44,410 \text{千円}} = 2.58 > 1$$

費用便益分析の結果、費用便益比が 2.58 となり、1 よりも大きくなったことから、分析を行った宇久島の宇久平港においては、可動橋代替施設の整備が有効であると定量的に確認できた。

6. 評価

離島地域の物流は、海上輸送に依存しているため、可動橋が供用停止となった場合、物流が滞り、離島住民の生活に重大な影響が及ぶことになる。佐世保港の事故のように、突如可動橋が供用停止となる可能性が日々ある中、予期せぬ事態に備えた対策、本稿でいう可動橋代替施設の整備は早急を実施すべきであり、費用便益分析の結果、可動橋代替施設の整備が有効であると確認できたことから、可動橋代替施設の必要性は高いと評価する。特に宇久島のような島内に代替港がない離島は尚更である。

7. おわりに

今回は、宇久島に着目して可動橋代替施設の必要性を検討したが、それぞれの離島で海上輸送形態が異なるため、発生する便益なども異なり、可動橋が供用停止となった場合の海上輸送確保対策として代替施設の整備がそぐわない地域もあるかと思われる。いずれにしても、可動橋は離島住民の生活を支える重要な施設であるため、可動橋が突如供用停止となった場合を想定し、その際の対応方針を関係船会社、市町村と事前に協議を行い、定めておく必要がある。

参考文献

- 1) 長崎県企画振興部：長崎県離島振興計画 平成 25 年 5 月
- 2) 港湾事業評価手法に関する研究委員会：港湾投資の評価に関する解説書 2011 平成 23 年 7 月
- 3) (財)長崎県建設技術センター：長崎県港湾・漁港施設維持点検実施要領(案) 平成 25 年 3 月