

有明海沿岸道路 筑後川橋梁・早津江川橋梁の 周辺環境に配慮した設計検討について

清時 義雄¹・田中 健二郎¹

¹九州地方整備局 福岡国道事務所 調査課 (〒813-0043 福岡県福岡市東区名島3-24-10)

架橋地は、広大な筑後平野に位置し土木遺産や産業遺産が多数存在する。また九州最大の河川である筑後川を渡河する長大橋梁となることや架橋地盤が有明海沿岸部特有の軟弱な粘土層が連続することから技術的な検討が必要である。そのため、有識者を含めた橋梁設計検討委員会を設立し、景観、地盤・構造の観点から架橋地特性に適した橋種選定を行った。しかし、その結論に一部異論を示されたため、橋種決定への合意形成に至る方策を検討した。

キーワード 中路式鋼アーチ橋、軟弱地盤、デ・レーケ導流堤、オープンハウス

1. はじめに

有明海沿岸道路は、福岡県大牟田市と佐賀県鹿島市を結ぶ延長約 55km の地域高規格道路であり、現在福岡県内では一般道路を含め 25.7km を供用している。

筑後川橋梁・早津江川橋梁は、今後工事を進める区間のうち、九州最大の河川である筑後川や早津江川に位置する橋梁である。本稿は、景観検討を中心に架橋地に適した橋種選定に至るまでの検討内容と橋種決定への合意形成について報告する。

筑後川橋梁、早津江川橋梁が計画される筑後川下流域は、広がりある平坦な田園・河口風景を有する。筑後川には土木学会選奨土木遺産であるデ・レーケ導流堤や、国指定重要文化財である昇開橋が存在し、早津江川近辺には世界遺産暫定リストに登録されている三重津海軍所跡が存在する(図-1)。また有明海沿岸部特有の有明粘土と呼ばれる非常に軟弱な粘土層が連続する。その中でもデ・レーケ導流堤は航路を維持する機能を持ち、100年以上も姿を変えず存在していることから、地域住民には保存すべきとの声もある。

また2橋とも長大橋となることから周辺環境に大きく影響を及ぼすため、設計に際してはこれらの周辺風景や歴史遺産との調和、軟弱地盤にも適した橋種が必要である。

2. 現地条件



図-1 橋梁周辺の資源

3. 橋梁設計検討委員会の設置

技術的な検討を総合的に審議していくため、学識者から構成される「有明海沿岸道路 筑後川・早津江川橋梁設計検討委員会」を設置し、また同時に専門的な分野での検討を実施するため、「景観分科会」及び「地盤・構造分科会」を設置した(図-2)。

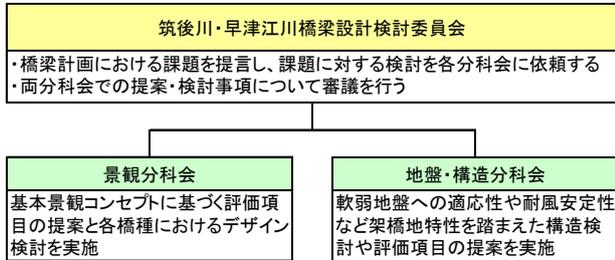


図-2 橋梁設計検討委員会

4. 基本景観コンセプトの設定と評価項目

橋梁設計検討委員会において現地条件を踏まえ、基本景観コンセプトを設定し、それに基づいた評価項目を整理した。

(1) 2橋共通

当該地域は歴史遺産と自然に囲まれた周辺風景そのものが地域のシンボル(主役)となっているため、2橋は歴史遺産に寄り添う姿や貴重な風景と調和することにより、この地域のシンボル性をさらに高めていくことが求められる。それらの景観要素と同じような性質を有することが必要であるため、「横への広がり感」、「軽快感」、「軽量感」を景観評価項目とした。また総合的に評価できるよう評価項目に地盤・構造分野を加え、経済性・構造的性・施工性・維持管理性も評価した。

(2) 筑後川橋梁

上・下流に橋上構造物を有した橋梁との統一感やデレケ導流堤の機能を保全することを重要とし、「橋梁群(昇開橋・新田大橋)との調和」、「歴史遺産(導流堤)への圧迫感」を景観評価項目とした。

(3) 早津江川橋梁

三重津海軍所跡からの見え方や平面曲線を活かした近景での見え方を重要とし、「歴史遺産(三重津海軍所跡)への圧迫感」、「曲線美」を景観評価項目とした。

5. 比較検討橋種の抽出(一次選定)

(1) 支間割による抽出

地形・地質条件、交差条件(河川、航路、歴史遺産等)、周辺環境などの基本条件を満たす支間割を設定し、適応可能な橋種として筑後川橋梁で8橋種、早津江川橋梁で6橋種を抽出した。両橋とも河川内への橋脚設置は、船舶航行や漁場があることから困難と判断した。

a) 筑後川橋梁

導流堤上へ橋脚を設置しない配置と設置する配置双方の案を抽出した(図-3)。

- ①鋼斜張橋(導流堤上橋脚不設置) ②鋼床版箱桁橋
③鋼トラス橋 ④鋼アーチ橋 ⑤鋼斜張橋 ⑥PC ラーメン箱桁橋 ⑦エクストラードゾド橋 ⑧PC斜張橋

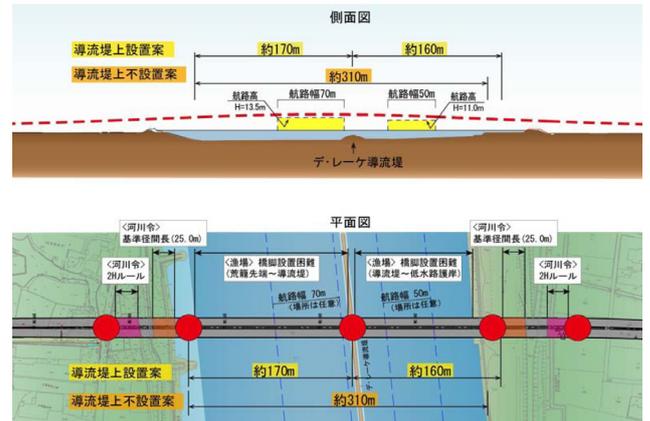


図-3 橋脚設置可能位置(筑後川橋梁)

b) 早津江川橋梁

三重津海軍所跡地(世界遺産暫定リスト)の史跡範囲は橋脚を設置しない配置とした(図-4)。

- ①鋼床版箱桁橋 ②鋼アーチ橋 ③鋼斜張橋 ④PCラーメン箱桁橋 ⑤エクストラードゾド橋 ⑥PC斜張橋

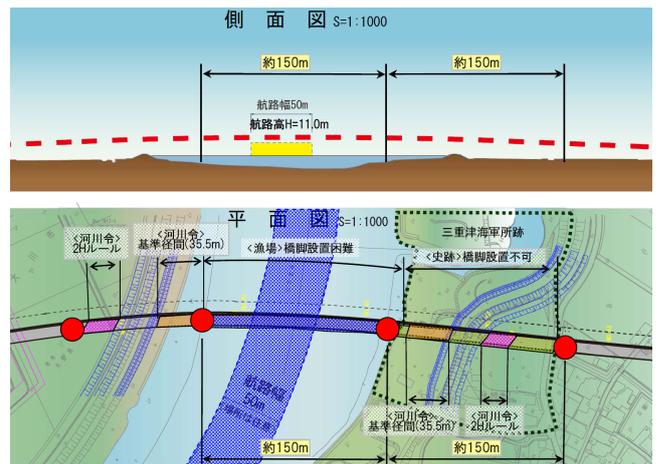


図-4 橋脚設置可能位置(早津江川橋梁)

(2) 評価項目による絞り込み

支間長から抽出した筑後川橋梁8案と早津江川橋梁6案について、設定したコンセプトとの整合性を確認し、整合しない橋種を比較検討橋種から除外することとした。

a) 筑後川橋梁

以下の理由から鋼床版箱桁橋、鋼アーチ橋、鋼斜張橋の3案に絞り込みを行った。

- ・PC ラーメン箱桁橋、エクストラード橋、PC 斜張橋は、デ・レーケ導流堤内（5.7m）に橋脚が取まらないため、導流堤の機能を阻害することが考えられる（景観）（図-5）。



図-5 PC ラーメン橋（橋脚幅 10m）

- ・鋼斜張橋（導流堤上橋脚不設置）は、高い主塔で橋単体としての強い主張があり、周辺の橋梁群（昇開橋や新田大橋）との調和が図れない（景観）。
- ・鋼トラス橋は、経済性・地盤変形への対応性・維持補修性・維持管理の作業性において他橋種と比べ劣る（地盤・構造）。

b) 早津江川橋梁

以下の理由から鋼床版箱桁橋、鋼アーチ橋、鋼斜張橋の3案に絞り込みを行った。

- ・PC ラーメン箱桁橋は、三重津海軍所跡の近景からの見え方を最も重要としたが、橋脚部の桁高が10m程度となり、重厚な印象で圧迫感が大きくなる（景観）。
- ・PC 斜張橋は、比較検討橋種の鋼斜張橋と景観性が同等であり経済性で劣る（景観）。
- ・エクストラード橋は、地盤変形への対応性・上部工施工期間・下部工施工期間において他橋種と比べ劣る（地盤・構造）。

(3) 橋種組合せの整理

絞り込んだ橋種を基に2橋の一体感に配慮し、橋梁形態の共通性、橋梁形態の秩序について評価した。

橋梁形態の共通性については同種の橋種、または同じ性質を有するか否かを評価した。

橋梁形態の秩序については支間長と橋種の関係に矛盾がないかを評価した。結果として組み合わせ5案を整理した（表-1）。

表-1 橋種組合せの比較

| | 早津江川橋梁 | | |
|-------|--------|---|--|
| | 鋼床版箱桁橋 | 鋼アーチ橋 | 鋼斜張橋 |
| 筑後川橋梁 | 鋼床版箱桁橋 | 同橋種の組合せである。桁高が比較的高く軽快感・軽量感にやや劣るが横への広がり感がある。 | 支間長の長い筑後川橋梁が桁橋であるのに対し、早津江川橋梁が鋼アーチ橋となるため、橋梁形態の秩序に欠ける。 |
| | 鋼アーチ橋 | 異橋種の組合せであるが、軽快なアーチ曲線から横への広がり感がある。 | 周辺環境と合わせ横への開放感に優れ連続して軽快感を与えている。 |
| | 鋼斜張橋 | 斜張橋は、開放感はやや劣るが、軽く渡る印象があり2橋の違和感は強くない。 | 直線基調の鋼斜張橋と曲線基調の鋼アーチ橋となるため、橋梁形態の共通性に欠ける。 |
| | | | 支間長の長い筑後川橋梁が桁橋であるのに対し、早津江川橋梁が鋼斜張橋となるため、橋梁形態の秩序に欠ける。 |
| | | | 曲線基調の鋼アーチ橋と直線基調の鋼斜張橋となるため、橋梁形態の共通性に欠ける。 |
| | | | 同橋種の組合せである。2連の斜張橋からなる6本の主塔が印象的である。 |

■ は検討除外組合せを示す。

6. 推奨橋種の選定（二次選定）

(1) 評価項目の整理

比較検討橋種の抽出（一次選定）に際しては、過去の実績から質量及び面積などの単位当たり費用を用いたコストや各橋種の一般的な特徴について評価を行った。推奨橋種の選定（二次選定）に際しては、各橋種をより詳細に評価するために、経済性評価では積上げにより算出し、景観性や施工性評価では詳細に部材の形状や寸法、数量を算出し評価した。構造的評価では一般的な評価項目に地震などの想定外の事象に対する検討を加え、総合的な評価項目を整理した（表-2）。このうち本稿においては景観性に関する評価項目を中心に検討結果を記述する。

表-2 評価項目

| 経済性 | 景観性 | 構造的性 | 施工性 |
|-------------|--|--|--|
| ①ライフサイクルコスト | ②周辺景観との調和（横への広がり） ③歴史遺産への影響（圧迫感、橋梁群との調和（筑後川）） ④2橋一体感 | ⑤耐風安定性 ⑥地震時慣性力の影響 ⑦基礎の圧密沈下リスク ⑧点検の難易度 ⑨吊材・ケーブルの損傷リスク | ⑩架設工法の難易度 ⑪運搬ブロック数 ⑫河川利用者への影響（施工期間、水上運搬の期間・頻度） |

(2) 景観性に関する評価

比較検討橋種の抽出（一次選定）においては、桁高等の橋梁規模の影響を基に比較し橋種の絞り込みを行ったが、推奨橋種の選定（二次選定）においては各橋種のデザインを構成する項目である部材の配置や規模、形状といった詳細な比較検討を加え、コンセプトとの整合を確認した。また主構構造は橋梁全体の印象に影響を与えることから評価に先立ち、単弦・複弦構造の比較検討を行い、優位性がある単弦構造を検討橋種の対象とした（図-6, 7）。評価する上では、比較検討橋種の模型やVR（バーチャリアリティ）を使用し、車両や人の目線からの見え方にも着目し評価を行った。



図-6 単弦案（筑後川橋梁）



図-7 複弦案（筑後川橋梁）

鋼アーチ橋の評価結果を以下のとおり示す。

a) 周辺景観との調和（横への広がり）

水平基調で緩やかな曲線形状のアーチリブによって、横への広がりや河川を軽く渡っている軽快さを感じられ、周辺景観に最も調和する。

b) 歴史遺産への影響（圧迫感、橋梁群との調和）

<デ・レーケ導流堤への圧迫感：筑後川橋梁>

委員会においては導流堤の機能を保全することを重視したため、比較検討の3橋種とも導流堤上に橋脚を設置する結果となった。そこで導流堤上の橋脚の有無が航路を維持する機能に対してどのような影響があるか検証するため、3次元水理解析を行った。

検証結果を図-8, 9に示す。橋脚を設置した場合において、橋脚通過後に導流堤部分は減速するものの、本来必要とされる通水路（導流堤を除く）での流速は維持する結果となることから、導流堤の機能は保全できると確認できる。

この結果から3橋種全てが機能保全すると考えられ、このうち鋼アーチ橋は桁高を約2.5mに抑えることができ、橋脚高も約7mに抑えられるため、導流堤への圧迫感は小さい。また基礎幅が約19mと最もコンパクトであり、導流堤の改変範囲は最も小さい。

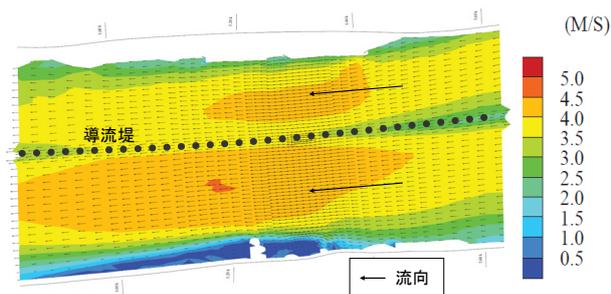


図-8 3次元水理解析（橋脚なし）

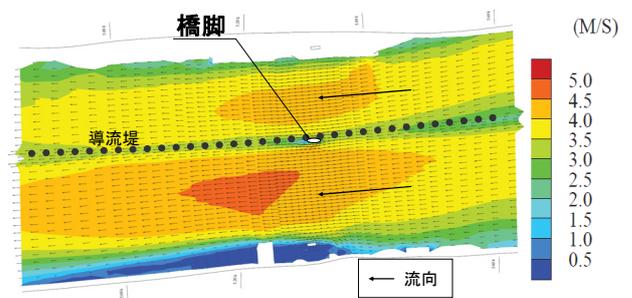


図-9 3次元水理解析（橋脚あり）

<三重津海軍所跡への圧迫感：早津江川橋梁>

桁高は約3.5mに抑えることができ、橋脚高も約4mに抑えられるため、三重津海軍所跡への圧迫感は小さい（図-10, 11）。

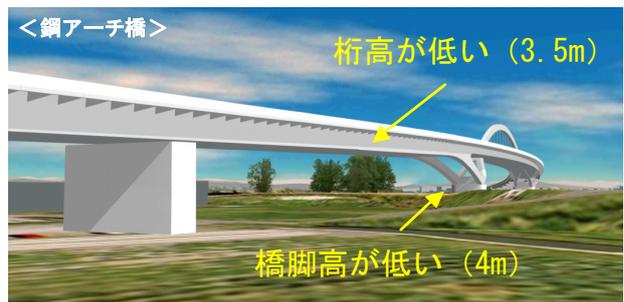


図-10 三重津海軍所跡からの眺望（鋼アーチ橋）

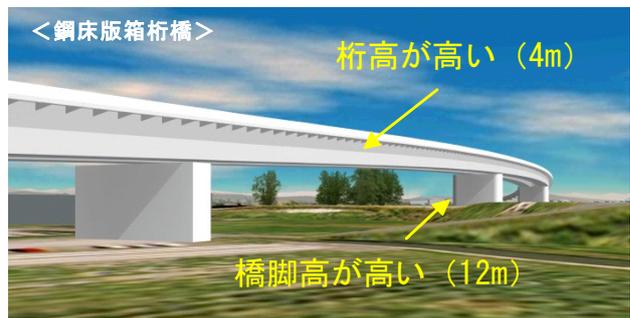


図-11 三重津海軍所跡からの眺望（鋼床版箱桁橋）

<橋梁群との調和：筑後川橋梁>

堤防からの高さは約30mで、昇開橋（約30m）や新田大橋（約30m）と同規模橋梁となり、周辺景観に埋没せずに準主役を担うことができ、基本景観コンセプトに最も整合する。

c) 2橋の一体感

2橋共にアーチ橋であり、2橋の一体感を感じやすい。筑後川を2連、早津江川を1連のアーチ構造とすることにより、橋梁規模の秩序、走行視点でのアクセント（目印）を表現できる。

(3) 総合評価の結果

鋼アーチ橋は経済性においては若干劣るものの、景観性においては、水平基調で緩やかな曲線のアーチが広々とした周辺環境に調和し、橋脚高及び桁高を低く抑えら

れるため、歴史遺産への圧迫感が軽減される。また筑後川橋梁においては、昇開橋や新田大橋と同程度の構造高となり橋梁群としての調和も図られる。

一方、構造的・施工性においては、基礎が負担する鉛直力や地震時慣性力が小さく、軟弱地盤への適応性や耐震性に優れる合理的な構造である。また架設難度は実績が多く容易であり、水上運搬の期間・頻度ともに少なく航路利用に対する影響が小さい。

以上から、各橋種における評価（経済性、景観性、構造的性、施工性）をとりまとめると、筑後川橋梁、早津江川橋梁ともに「鋼アーチ橋」が優位であると判断されるため、推奨橋種として選定した（表-3）。

表-3 比較表

| 鋼床版箱桁橋 | |
|--------|--|
| イメージ |  |
| 経済性 | ・最も安価（1.00） |
| 景観性 | ・水平な主桁のみの構造であるため、横への広がり感があり、 周辺景観と調和する ・桁高及び橋脚高ともに高く、 歴史遺産に与える圧迫感が最も大きい ・構造高さが低く橋梁群に埋没し、 橋梁群との調和が図れない |
| 構造的性 | ・ 耐風安定性に劣る ・橋脚高が高く基礎も大きいため、 圧密沈下のリスクが高い ・メンテナンスは橋上構造物がないため、 最も容易 |
| 施工性 | ・同規模橋梁の張出し架設工法の 実績は極めて少ない |
| 鋼アーチ橋 | |
| イメージ |  |
| 経済性 | ・鋼床版箱桁橋と比べ、 若干劣る（1.05） |
| 景観性 | ・緩やかなアーチが、横への広がり感を印象づけ、 周辺景観と調和する ・桁高及び橋脚高がともに低く、 歴史遺産に与える圧迫感が最も小さい ・構造高さが他の橋梁群とほぼ同等であり、 橋梁群との調和が図れる |
| 構造的性 | ・ 耐風安定性に優れる ・橋脚高が低く基礎も小さいため、 圧密沈下のリスクが低い ・メンテナンスは高所作業車での作業であるため、 比較的容易 |
| 施工性 | ・同規模橋梁のケーブルエレクション架設工法の 実績は多い |
| 鋼斜張橋 | |
| イメージ |  |
| 経済性 | ・鋼床版箱桁橋と比べ、 若干劣る（1.04） |
| 景観性 | ・主塔により横への広がり感がなく、 周辺環境との調和に劣る ・橋脚高が高く、 歴史遺産に与える圧迫感が大きい ・構造高さが他の橋梁群と比べ高く、 橋梁群との調和が図れない |
| 構造的性 | ・ケーブルの 耐風対策が必要となる ・橋脚高が高く基礎も大きいため、 圧密沈下のリスクが高い ・メンテナンスは高所作業車に加え、 足場を必要とするため最も煩雑 |
| 施工性 | ・同規模橋梁の張出し架設工法の 実績は少ない |

※ 表内の赤字は有利と評価した項目、青字は不利と評価した事項を示す。

7. 橋種決定への合意形成

(1) 橋梁検討に対する関係者の多様な意見

筑後川橋梁の推奨橋種は総合的に判断した結果、導流堤に橋脚を設置する案としたが、導流堤を保存すべきとの声もあることから、複数存在する関係者と綿密な調整を行った。

導流堤への橋脚設置について関係者の意見を以下に示す。

a) 導流堤管理者

導流堤の機能を保全するのであれば、導流堤への橋脚設置はやむを得ない。

b) 土木学会（西部支部）

局所的な改変であり、また事業費を大幅に縮減できることから、導流堤への橋脚設置はやむを得ない。

c) 文化財行政

重要文化財の可能性のあるものに対して導流堤への橋脚設置を容認することは難しい。また重要文化財としての価値の毀損は、橋脚設置後に評価するものであり現段階では判断できない。

d) 地元自治体

導流堤への橋脚設置は地域住民の理解が必要。道路は地域振興のため必要であり、整備促進を図ってほしい。

e) 地域団体の一部

導流堤に橋脚を設置することは文化的価値が損なわれるため、橋脚配置を通水路へ変更してほしい。道路は地域振興のため必要であり、整備促進を図ってほしい。

f) 河川利用者（11漁協）

導流堤上の橋脚設置であれば容認できるが、通水路は漁業の支障となり、認められない。

(2) 合意形成に向けた課題と方策

導流堤上への橋脚設置は文化的価値を損なうなどの懸念があり、地域団体の一部から通水路に橋脚を配置する案を推す声が出された。一方、河川利用者（11漁協）においては、漁業の支障を避けるため、通水路への橋脚設置を強く否定しており、これらの意見は相反する内容であった。

更に一部メディアから導流堤の保存を求める地域団体の主張が報道され、導流堤への橋脚設置は、地域住民に対して負の話題として認識されるに至った。

これらの状況は、導流堤の文化的価値に対してその機能を保全することが最も重要という委員会の考えを説明し、物質的な価値を重要視している地域団体に理解を得ることに限界があると推察される。

そこで各々の立場が異なる中で合意を導く方策として、必然的に浮上したのが地域の一般住民に対し、委員会の検討内容を正確に伝えつつ、地域の総意を把握し、地域団体と河川利用者の相反する意見とを対比することで両者に譲歩を促す手法に着目した。

(3) オープンハウス形式を用いた意見聴取

地域住民への説明方法において公募による説明会は、参加者が限定されることや多くの意見を引き出すことに限界があると懸念される。そこで不特定多数の人に対して誰もが参加しやすいオープンハウス形式を取り入れ、大型ショッピングセンターを会場とし、職員が個々に検討内容を説明することとした。

このオープンハウス形式による説明は、比較検討橋種

(一次選定)を鋼床版箱桁橋、鋼アーチ橋、鋼斜張橋の3橋種に絞り込むまでの検討内容(中間報告)と、その後の推奨橋種選定(二次選定)に至るまでの検討内容について、段階的に地域住民へ紹介し、意見を聴取した。

説明の際には、橋梁の模型、パネルやVR等を用いて一般の方々にも理解しやすいよう工夫を行った。2回実施したオープンハウス(1回目:5日間、2回目:9日間)で延べ約2,000の方が来て頂き、アンケート調査から多くの方が委員会の検討結果を評価していることを確認することができた(写真-1,図-12)。

推奨橋種選定に至るまで、橋梁設計検討委員会で検討を進めてきたが、委員会だけの議論で橋種を選定するのではなく、実際に沿線地域に住まれている方々の意見を直接聞くことで、橋種選定の検討過程を共有でき、導流堤の機能保全についても理解を得ることができるなど、有効な広報手法となった。



写真-1 オープンハウス開催状況

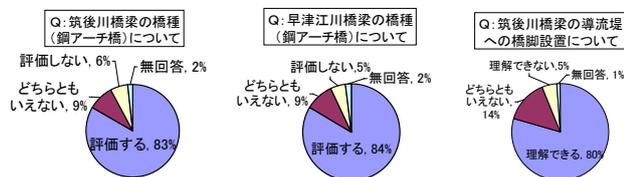


図-12 アンケート結果

8. おわりに

架橋地は、広がりある平坦な地形の中で田園・河口風景を有し、歴史遺産が多数点在することから、周辺環境への配慮が不可欠であったが、橋梁設計検討委員会において一般的な評価だけではなく、詳細な景観性評価を加えることで、設定したコンセプトと整合する推奨橋種を選定することができた。

また導流堤への橋脚設置について存在した相反する意見に関しては、オープンハウス形式にて、沿線地域の方へ検討過程を直接説明することで、検討内容や導流堤の機能保全についても多くの理解を得ることができた。さらにオープンハウスの結果を提示することで地域団体の主張する物質的価値から委員会の機能的価値を評価することに繋がり、事業者としての判断を行うための環境を整えることができた。

このような現地条件で長大橋が2橋連なる特異な橋梁検討において、委員会による橋種検討やオープンハウス形式を用いて検討内容の理解を得る今回の事例が、今後の設計検討や広報手法の参考となれば幸いである。

謝辞: 本橋の設計検討にあたり、橋梁設計検討委員会の委員の皆様には多大なるご指導を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 有明海沿岸道路 筑後川・早津江川橋梁設計検討委員会：中間報告(2012.1)、推奨橋種の選定(2012.6)